

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА



Серия
«ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ.
ЭКОЛОГИЯ»

Воронеж 2017

Серия «Высокие технологии. Экология» Научного вестника

Научный вестник

Воронежского государственного архитектурно-строительного университета

Высокие технологии. Экология

ISSN 2306-8418

Журнал издается с 2010 года

Учредитель и издатель: Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)

Территория распространения – Российская Федерация

Тип издания – **Online** – www.ttmko.ru

Журнал публикует материалы по следующим разделам:

- **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ**
- **СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ**
 - **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**
 - **АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО**
- **ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ**
 - **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**
- **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА**
- **МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ**
 - **УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ**
- **ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ**

Материалы журнала публикуются в авторской редакции и регистрируются в Российском индексе научного цитирования

Ответственность за достоверность опубликованных в статьях сведений несут авторы

Перепечатка материалов журнала допускается только с разрешения редакции

Журнал «Научный вестник Воронежского ГАСУ. Высокие технологии. Экология» выходит 1 раз в год (май)

Научный вестник Воронежского ГАСУ. Высокие технологии. Экология, все права защищены

«**High-tech solutions. Ecology**» of the Scientific Newsletter

Scientific Newsletter

Of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

High-tech solutions. Ecology

ISSN 2306-8418

Scientific Newsletter has been published since 2010

Publisher and editor: Voronezh State Technical University (VSTU)

The area of distribution – the Russian Federation

Type of Edition – **Online** – www.ttmko.ru

Scientific Newsletter is represented by the following sections:

- **LIFE SAFETY IN ENVIRONMENTALLY UNFRIENDLY CONDITIONS**
- **CIVIL STRUCTURES, BUILDINGS, FOUNDATION ENGINEERING**
 - **BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS**
 - **GENERAL ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING**
- **WATER SUPPLY, WASTEWATER DISPOSAL, HEAT SUPPLY SYSTEM AND VENTILATION**
 - **ENERGY EFFICIENCY TECHNOLOGIES**
- **ENVIRONMENTAL ISSUE OF BUILDING AND ROAD COMPLEX**
- **MECHANIZATION OF BUILDING, CONSTRUCTION EQUIPMENT AND DEVICES**
 - **MANUFACTURING MANAGEMENT**
- **PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESS IN DIFFERENT SPHERES, MATERIALS AND ARTICLES**

The materials of the Scientific Newsletter are published in literary redaction and are registered in the Russian list of journals indexed

The authors bear liability for the credibility of information of published articles

The reprinting of materials is unless authorized by editorship

«The Scientific Newsletter of the Voronezh SUACE. High-tech solutions. Ecology» is published annually (May)

The Scientific Newsletter of the Voronezh SUACE. High-tech solutions. Ecology. All rights reserved.

**Научный вестник
Воронежского государственного архитектурно-строительного университета
Серия «Высокие технологии. Экология»**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Колодяжный С.А., канд. техн. наук., доц., **Дроздов И.Г.**, д-р техн. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Жулай В.А., д-р техн. наук, проф. (главный редактор), **Устинов Ю.Ф.**, д-р техн. наук, проф. (зам. главного редактора), **Щиенко А.Н.**, канд. техн. наук., доц. (ответственный секретарь), **Бабкин В.Ф.**, д-р техн. наук, проф., **Енин А.Е.** канд. архитектуры, проф., **Калугин П.И.**, канд. техн. наук., проф., **Манохин В.Я.**, д-р техн. наук, проф., **Подольский Вл.П.**, д-р техн. наук, проф., **Проскурин Д.К.**, канд. физ.-мат. наук, доц., **Самодурова Т.В.**, д-р техн. наук, проф.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.
Тел.: +7(473) 277-01-29, E-mail: stim@vgasu.vrn.ru

© Воронежский
государственный
технический
университет, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

<i>М.Д. Гончаров.</i> Сравнение теоретических и экспериментальных результатов исследования критических скоростей вращения забойного двигателя.....	7
<i>Н.В. Казеннова, А.Н. Гойкалов.</i> Исследование способов повышения теплозащиты исторических зданий при их реконструкции	10
<i>Ю.Ф. Устинов, Ю.И. Калинин, А.В. Ульянов, А.С. Колтак, И.Д. Ли, А.В. Наумкин.</i> Снижение виброакустической энергии землеройно-транспортных машин	15
<i>Ю.Ф. Устинов, В.А. Муравьев, А.А. Кравченко, А.В. Дрозд, А.С. Колтак.</i> Панели для снижения шума в кабинах машин и в жилых, общественных и производственных помещениях	25
<i>Ю.Ф. Устинов, В.А. Муравьев, А.А. Кравченко, А.А. Колтаков, А.В. Дрозд, А.В. Наумкин.</i> Виброизоляторы для снижения вибрации в транспортно-технологических машинах	32

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

<i>А.Е. Грошев, О.В. Князева.</i> Исследование отделки фасадов торговых центров.....	38
<i>Р.Н. Зорин, Л.А.А. Нкурунзиза.</i> Конструктивных ограждающих конструкций зданий в жарком климате (на примере Намибии)	46
<i>Р.Н. Зорин, Л.А.А. Нкурунзиза.</i> Обзор конструктивных ограждающих конструкций зданий в жарком климате (на примере Намибии)	50
<i>П.И. Калугин, Т.В. Михайлова, А.С. Долбилов.</i> Проблемы создания условий для регулируемого отдыха и туризма в пригородных зонах (на примере города Воронежа)	56
<i>П.И. Калугин, Д.А. Пятигор.</i> Особенности работы грунтов оснований фундаментов после реконструкции зданий	60

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

<i>А.А. Абраменко.</i> Строительные материалы на основе фосфогипса.....	65
<i>А.И. Воронин.</i> Исследование возможностей использования золошлаковых отходов Воронежской ТЭЦ-1 в производстве строительных материалов.....	71
<i>К.П. Нагаева.</i> Анализ применения современных теплоизоляционных материалов для утепления мансард	74
<i>А.Е. Турченко, Н.В. Немцев.</i> Особенности получения керамического облицовочного пористого кирпича на основе местного сырья.....	78

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

<i>Ю.А. Воробьева, Е.Г. Мизилина.</i> Экологический аспект реконструкции исторически сложившейся застройки по улице сакко и ванцетти городского округа г. Воронеж.....	80
<i>П.И. Калугин, Т.В. Михайлова, М.С. Фомина.</i> Актуальные аспекты взаимосвязи современной застройки города с зелеными зонами (на примере города Воронежа).....	84

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

<i>Д.Н. Китаев, Г.Н. Мартыненко.</i> Слив светлых нефтепродуктов на автозаправочных станциях.....	89
<i>Д.Н. Китаев, В.Ю. Хузин, Т.В. Щукина.</i> Остывание воды в системах горячего водоснабжения зданий.....	93
<i>Н.В. Колосова, Г.А. Кузнецова.</i> Методика расчета противодымной вытяжной вентиляции	97
<i>С.Н. Кузнецов, А.И. Колосов, Г.А. Кузнецова.</i> Выбор схемы воздухообмена в помещениях с движущимися источниками вредных веществ	104
<i>С.Н. Кузнецов, А.И. Колосов, Г.А. Кузнецова.</i> Математическое моделирование вентиляции в помещении с гальваническими ваннами	111
<i>Т.В. Щукина, Д.М. Чудинов, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова.</i> Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии в гелиоустановках	118

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Л.И. Гулак, А.А. Жабина, Е.А. Ковешникова.</i> Сравнительный анализ утеплителей наружных ограждающих конструкций	122
<i>Л.И. Гулак, Д.Н. Казьмина.</i> Сравнительный анализ объемно-планировочных и конструктивных решений каркасных деревянных домов с учетом их энергосбережения	127
<i>А.Ю. Новичихин, Т.В. Щукина, С.А. Иванов, А.В. Полуказаков, Р.С. Шевченко.</i> Альтернативное электроснабжение малоэтажных зданий: перспективы и возможности использования фотоэлектрических преобразователей.....	132
<i>Э.Е. Семенова, С.О. Габитова.</i> Мероприятия по повышению энергоэффективности при реконструкции зданий больниц	140
<i>Э.Е. Семенова, О.Н. Горбачёва.</i> Повышение энергоэффективности зданий туристических баз старой постройки.....	143

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

<i>А.В. Андреев, В.В. Свиридов, А.Н. Щиенко.</i> Методы совершенствования технологии очистки стоков с автомобильных дорог	146
<i>М.Н. Жерлыкина, Н.В. Филатова, А.П. Зверков, Т.В. Щукина.</i> Влияние автомагистрали на окружающую среду на примере города Борисоглебска.....	151
<i>Р.Н. Зорин, Л.А.А. Нкурунзиза.</i> Особенности конструктивных решений в условиях сухого жаркого климата.....	159
<i>Э.Е. Семенова, В.В. Елаго, Д.В. Ендовицкий.</i> Применение солнечных батарей при строительстве экозданий.....	163

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

<i>Ю.М. Бузин, Е.В. Кулешов.</i> Исследование управляемости параметрами копания обратной лопаты гидравлического строительного экскаватора.....	166
--	-----

<i>В.Н. Геращенко, А.И. Галактионов.</i> Проект модернизации механизма натяжения гусеничной ленты гидравлического экскаватора 5-ой размерной группы	172
<i>В.Н. Геращенко, В.Н. Землянский.</i> Конструирование элементов ходового оборудования гидравлического экскаватора 5-ой размерной группы и его особенности	174
<i>В.Н. Геращенко, В.В. Мацнев.</i> Исследование рабочего оборудования гидравлического экскаватора 5-ой размерной группы.....	176
<i>Р.А. Жилин, Ю.Б. Рукин.</i> Демонтаж ступицы муфты сцепления тяжело нагруженных машин	179
<i>В.А. Жулай, Е.В. Кожаскин.</i> О возможности регулирования гидрообъемного дифференциального привода колесного движителя автогрейдеров	185
<i>В.А. Жулай, В.Л. Тюнин.</i> Определение топливного баланса самоходных колёсных землеройно-транспортных машин.....	189
<i>В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, А.В. Митяев, С.Б. Князев.</i> Модернизация ходового оборудования тягача полуприцепного грейдер-элеватора	195
<i>В.Н. Карташов, В.Н. Фролов.</i> Устройство для определения характеристик тензорезисторов	201
<i>Н.П. Куприн, А.Н. Щенко, В.Ю. Землянухина, А.А. Предущенко, А.В. Соврасова, А.Н. Шкурина.</i> Экономическое обоснование применения машин при строительстве автомобильных дорог.....	205
<i>С.А. Никитин, Н.М. Волков, А.А. Серов, А.В. Морозов, Д.В. Оздобкин, А.С. Прасолов.</i> Оптимизация звукозащиты в кабине технологических машин	216
<i>В.А. Нилов, В.С. Иванов.</i> Обоснование применения ковша активного действия для гидравлического экскаватора.....	222
<i>Ю.Г. Сергеев, Ю.И. Калинин, Д.Н. Дёгтев, А.В. Ульянов, Д.А. Феофанов, М.С. Лысыков.</i> Особенности вибрационной обработки деталей, неподвижно закрепленных в и-образном контейнере	228
<i>Л.Х. Шарипов.</i> Стенд для экспериментальных исследований тягово-сцепных показателей шин автогрейдера	233

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

<i>Р.А. Жилин, М.В. Нифантов.</i> Усовершенствование качества обслуживания СДМ на примере развития ремонтно-эксплуатационной базы	237
<i>Н.Л. Золотарева, Л.В. Менченко.</i> Программно-методический подход к автоматизированному управлению процессом обучения студентов.....	243

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 622.24

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, проф. кафедры высшей
математики М.Д. Гончаров
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-62
e-mail: goncharov@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State
Technical University
D.Sc.(Engineerin), Prof. of the mathematical
Dept. M.D. Goncharov
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-62
e-mail: goncharov@vgasu.vrn.ru*

М.Д. Гончаров

СРАВНЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИТИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ ЗАБОЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Приводятся и сравниваются частотные характеристики (критические скорости вращения) промышленного забойного двигателя (турбобура), полученные расчетным путем и экспериментально во всем диапазоне скоростей вращения ротора. Определяются абсолютные и относительные погрешности результатов.

Ключевые слова: критическая скорость, диапазон, эксперимент, погрешность.

M.D. Goncharov

COMPARISON OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH RESULTS CRITICAL ROTATIONAL SPEED OF THE DOWNHOLE MOTOR

Presented and compares the frequency characteristics (critical rotation speed) industrial downhole motor (turbodrill) obtained by calculation and experimental in the entire range of rotor speeds. Determine the absolute and relative accuracy of the results.

Keywords: critical speed, rangeability, experiment, imprecision.

В результате теоретических расчетов поперечных колебаний забойного двигателя [1] и экспериментальных исследований на натурном испытательном стенде в условиях буровой [2], получены числовые характеристики критических скоростей вращения ротора во всем диапазоне работы двигателя.

Ниже в таблице для расчетных параметров двигателя (l – длина, EJ – изгибная жесткость, m – погонная масса, P_0 – нагрузка на долото, n – число промежуточных опор, C, C_1, C_2 – коэффициенты жесткости, входящие в граничные условия), представлены по пять первых критических скоростей вращения (об/мин), полученных теоретически для упрощенной и основной расчетным схемам, а также три первых скорости, полученных экспериментально.

Следует заметить, что упрощенная схема отличается от основной, которая более строго учитывает динамику турбобура, тем, что в ней ротор и статор двигателя заменяются одним однородным стержнем суммарной погонной массы и изгибной жесткости, но при тех же граничных условиях.

Расчетные параметры и критические скорости вращения движения

Расчетные параметры	Критические скорости вращения (об/мин)			
	№ № пп	Упрощенная схема	Основанная схема	Эксперимент
$l = 18 \text{ м}$ $m = 0.18 \times 10^3 \text{ кг/м}$ $EJ = 0.1 \times 10^8 \text{ Н} \times \text{м}^2$ $P_0 = 0.5 \times 10^5 \text{ Н}$ $n = 13$ $C = 0.25 \times 10^7 \text{ Н} \times \text{м}$ $C_1 = C_2 = 0.1 \times 10^7 \text{ Н/м}$	1	80	78	86
	2	247	235	264
	3	451	445	390
	4	675	635	-
	5	1013	977	-

И теоретические и экспериментальные данные таблицы говорят о том, что в диапазоне изменения (0-520 об/мин) скоростей вращения забойного двигателя находятся три критические скорости, причем в зону рабочих оборотов двигателя 200-500 об/мин входят лишь вторые и третьи скорости.

Для сравнения теоретических и экспериментальных критических скоростей вращения можно определить абсолютные и относительные погрешности по формулам:

абсолютная погрешность

$$\Delta a = |A - a| \quad (1)$$

относительная погрешность

$$\delta a = \frac{\Delta a}{|A|} \quad (2)$$

где A – экспериментальное значение критической скорости, a – полученной расчетным путем.

Так, например, для случая вторых критических скоростей (235 и 264 об/мин), полученных соответственно расчетным путем и экспериментально, имеем:

$$\Delta a = |A - a| = |264 - 235| = |29| = 29 \quad (3)$$

тогда относительная погрешность этих двух результатов

$$\delta a = \frac{\Delta a}{|A|} = \frac{29}{264} \approx 0,1 \text{ или } 11\% \quad (4)$$

Приведенные вычисления показали, что различие расчетных и экспериментальных критических скоростей вращения, соответственно 11 и 14% в сравнении с основной расчетной схемой и 7 и 16% в сравнении с упрощенной схемой.

Отсюда видно, что экспериментальные данные замеров критических скоростей вращения достаточно хорошо согласуются с расчетными. Наличие же полученных погрешностей прежде всего можно объяснить тем, что жесткости на перемещение и поворот, входящие в граничные условия, были взяты постоянными. В действительности же вместо постоянной жесткости на перемещение и поворот следовало бы ввести динамическую жесткость колонны бурильных труб. В этом случае будут учитываться силы инерции при колебании бурильных труб, которые будут изменяться с изменением частоты колебаний.

Результаты расчета поперечных колебаний забойного двигателя по упрощенной расчетной схеме, и схеме, более строго учитывающей динамику забойного двигателя, позволяют утверждать, что для определения критических скоростей вращения можно пользоваться простой моделью, в которой ротор и статор турбобура заменяются одним однородным стержнем суммарной погонной массы и изгибной жесткости.

Вывод

Предложенные методики теоретического и экспериментального определения критических скоростей вращения забойного двигателя во всем диапазоне его работы допускают погрешности, которые удовлетворяют практическим задачам турбинного бурения нефтяных и газовых скважин.

Библиографический список

1. Гончаров М.Д. Результаты теоретических расчетов режимов усиленных поперечных вибраций забойного двигателя. «Научный вестник Воронежского ГАСУ. Высокие технологии. Экология». Воронеж, 2014г., 169-172с.
2. Гончаров М.Д. К вопросу экспериментальных исследований режимов усиленных вибраций забойного двигателя «Научный вестник Воронежского ГАСУ. Высокие технологии. Экология». Воронеж, 2015г., 245-247с.

References

1. Goncharov M. D. the Results of theoretical calculations of the modes of enhanced lateral vibrations downhole motor. "Scientific Herald of the Voronezh GASU. High technology. Ecology." Voronezh, 2014. 169-172с.
2. Goncharov M. D. To the question of experimental studies of the modes of the amplified vibrations downhole motor "Scientific Herald of the Voronezh GASU. High technology. Ecology." Voronezh, 2015 245-247с.

*Воронежский государственный
технический университет
Магистр кафедры проектирования зданий и
сооружений Н.В. Казеннова
Канд. техн. наук, доцент кафедры проекти-
рования зданий и сооружений
А.Н. Гойкалов;
Россия, г. Воронеж, тел. 8(960)1114440
e-mail: goykalov78@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Master of the department of building design
and structures N.V. Kazennova
Ph.D. of the department of
building design and structures
A.N. Goykalov;
Voronezh, Russia, tel. (960)1114440
e-mail: goykalov78@mail.ru*

Н.В. Казеннова, А.Н. Гойкалов

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ ПРИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

В нашей стране в настоящее время требуются инновационные подходы и новые программы энергосберегающих мероприятий проектируемых зданий, которые помогут эффективно экономить те самые природные богатства и финансовые средства населения. Проблема энергосбережения также актуальна в реконструируемых зданиях. В статье рассмотрены варианты утепления наружных стен исторических зданий в зависимости от расположения слоя утеплителя. Выявлено наиболее оптимальное решение утепления здания.

Ключевые слова: энергоэффективность, тепловая защита, наружные стены, историческое здание, стиль «лофт».

N.V. Kazennova, A.N. Goykalov

A STUDY OF METHODS OF IMPROVING THE THERMAL PERFORMANCE HISTORICAL BUILDINGS DURING THEIR RENOVATION

In our country currently requires innovative approaches and a new programme of energy saving measures designed buildings that will help to reduce those natural resources and the financial means of the population. The energy saving problem is also relevant in the reconstructed buildings. The article considers the variants of thermal insulation of external walls of historic buildings depending on the location of the insulation layer. The most optimal solution for the insulation of the building.

Keywords: energy efficiency, thermal protection, exterior walls, historical building, loft style.

Развитие энергосберегающей политики в России приходится на 1995 г. с выходом постановления Правительства РФ «О неотложных мерах по энергосбережению», в 1996 г. принят Закон «Об энергосбережении», а в 1998 г. утверждена Федеральная целевая программа «Энергосбережение России на 1998-2005 гг.». Данные документы стимулируют эффективное использование тепловой энергии.

Однако экономическая эффективность инвестиций в энергосберегающие мероприятия находится в прямой зависимости от стоимости энергии: чем выше стоимость энергии, тем быстрее окупаются технические решения, позволяющие снизить энергопотребление зданий.

Повышение энергетической эффективности зданий - комплексная задача, основанная на поиске эффективных решений по сокращению теплопотерь на всех этапах их возникновения, так как тепловые потери здания определяются: наружными стенами, инженерными коммуникациями, заполнением оконных проемов, системой вентиляции и прочими элементами. Попытки решить проблему путем сокращения тепловых потерь повышением сопротивления теплопередаче только наружных стен – неправильное направление, и требует комплексного подхода.

На примере реконструкции исторического здания по ул. Нижняя Красносельская, 35 в г. Москве рассмотрим возможные приемлемые в данном случае варианты утепления наружных стен. Учитывая дальнейшее назначение здания – апартаменты в стиле «лофт», требуется выполнить утепление наружных стен с сохранением «старой» кирпичной кладки стен (рисунок 1).



Рис. 1. – Общий вид здания после реконструкции (слева), вид интерьера апартамента в стиле «лофт» (справа)

Существует два основных подхода в работе с историческими зданиями в современной застройке - это снос и строительство на его месте нового здания, соответствующего современным требованиям либо замена строительных конструкций здания при сохранении наружных исторических стен. Выбор оптимального решения в каждом конкретном случае производится преимущественно с учетом экономических параметров.

Исторические здания должны обеспечивать надлежащий уровень комфорта и приемлемую стоимость содержания для того, чтобы оставаться конкурентоспособными с новыми зданиями, которые изначально построены с учетом современных требований по энергосбережению. Именно для этих целей производится энергоэффективная модернизация зданий [2,3].

Стоимость этих дополнительных мероприятий по повышению энергоэффективности так же должна учитываться при определении окупаемости энергосберегающих мероприятий за счет стоимости сэкономленной энергии. Но стремление к высокой энергоэффективности должно быть ограничено эффективностью экономической.

Задача повышения энергоэффективности в исторических зданиях сводится к продуманному обращению с влагой в стене, что позволит наружной стене выполнять свою функцию в течение всего срока службы здания, а с грамотно подобранными изоляционными материалами также повысить энергоэффективность.

Меры повышения энергоэффективности, не меняющие исторический облик реконструируемого здания, следующие:

- совершенствование теплотехнического оборудования;

- повышение герметизации здания (замена окон, дверей);
- утепление полов, перекрытий и крыши;
- автоматическое управление потребителями энергии и прочие меры сбережения электроэнергии.

Рассмотрим два варианта утепления наружных стен, которые возможны к реализации в исторических зданиях. В варианте 1 утепление предполагается с наружной стороны здания, а в варианте 2 с внутренней (рисунок 2).

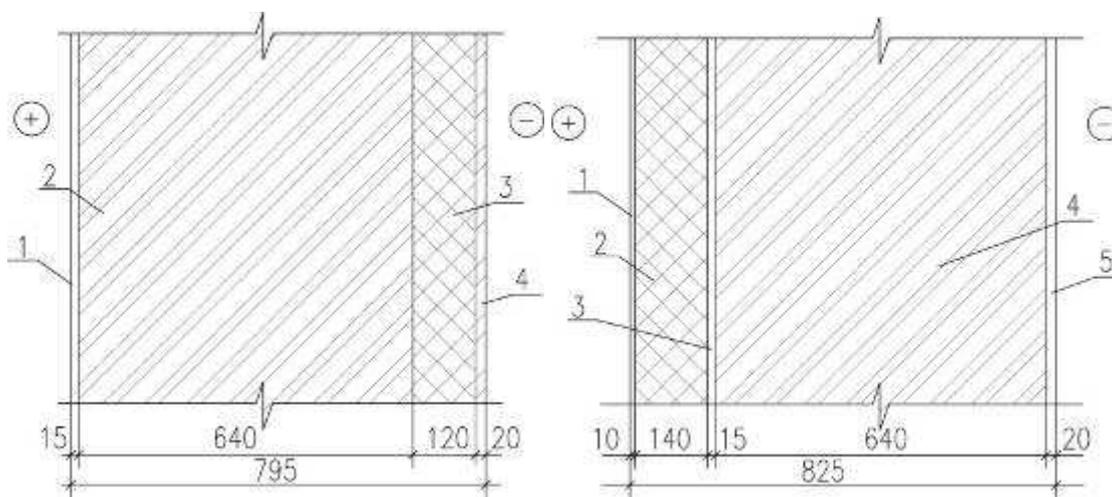


Рис. 2. – Конструкция наружной стены:

Вариант 1 (1 - известково-песчаный раствор, $\rho=1600$ кг/м³, $\lambda_1=0,81$ Вт/м²С, $\delta_1=15$ мм; 2 - кирпич глиняный обыкновенный на цементно-песчаном растворе, $\rho=1800$ кг/м³, $\lambda_2=0,81$ Вт/м²С, $\delta_2=640$ мм; 3 - плита минераловатная из каменного волокна, $\rho=80$ кг/м³, $\lambda_3=0,045$ Вт/м²С, $\delta_3=120$ мм; 4 - облицовка клинкерной плиткой FeldhausKlinker, $\rho=60$ кг/м³, $\lambda_4=0,3$ Вт/м²С, $\delta_4=20$ мм);

Вариант 2 (1 - листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка), $\rho=800$ кг/м³, $\lambda_1=0,21$ Вт/м²С, $\delta_1=10$ мм; 2 - плита из пенополистирола, $\rho=30$ кг/м³, $\lambda_2=0,046$ Вт/м²С, $\delta_2=140$ мм; 3 - известково-песчаный раствор: $\rho=1600$ кг/м³, $\lambda_1=0,81$ Вт/м²С, $\delta_1=15$ мм; 4 - кирпич глиняный обыкновенный на цементно-песчаном растворе, $\rho=1800$ кг/м³, $\lambda_3=0,81$ Вт/м²С, $\delta_3=640$ мм; 5 - облицовка клинкерной плиткой FeldhausKlinker, $\rho=60$ кг/м³, $\lambda_1=0,3$ Вт/м²С, $\delta_1=20$ мм)

Для варианта 1 в результате теплотехнического расчета было найдено действительное значение сопротивления теплопередаче стены и определена толщина утеплителя. Расчет был произведен по методике [1]. Сопротивление теплопередаче стены равно:

$R_{0пр} = 0,85 \cdot (1,034 + 0,120 / 0,045) = 3,146$ м²С/Вт, что более приведенного сопротивления теплопередаче, равного 3,136 м²С/Вт.

Суммарная толщина стены равна:

$$0,02 + 0,12 + 0,64 + 0,015 = 0,795 \text{ м.}$$

Санитарно-гигиенические требования также выполняются:

$$\Delta t_0 = (22 + 25) / 3,146 \cdot 8,7 = 1,717^\circ\text{C},$$

$$1,717^\circ\text{C} < 4,0^\circ\text{C}.$$

Для варианта 2 были произведены аналогичные расчеты.

Действительное сопротивление теплопередаче стены равно:

$$R_{0пр} = 0,8 \cdot (1,082 + 0,140 / 0,046) = 3,300 \text{ м}^2\text{С/Вт} \geq 3,136 \text{ м}^2\text{С/Вт}$$

Суммарная толщина стены равна:

$$0,01 + 0,14 + 0,015 + 0,64 + 0,020 = 0,825 \text{ м.}$$

Санитарно-гигиеническое требование выполняется:

$$\Delta t_0 = (22 + 25) / 3,300 \cdot 8,7 = 1,637^\circ\text{C},$$

$$1,637^\circ\text{C} < 4,0^\circ\text{C}.$$

Также для рассматриваемой конструкции были произведены расчеты по паропроницаемости, согласно методике [1]. Результаты расчета представлены графически на рисунках 3, 4.

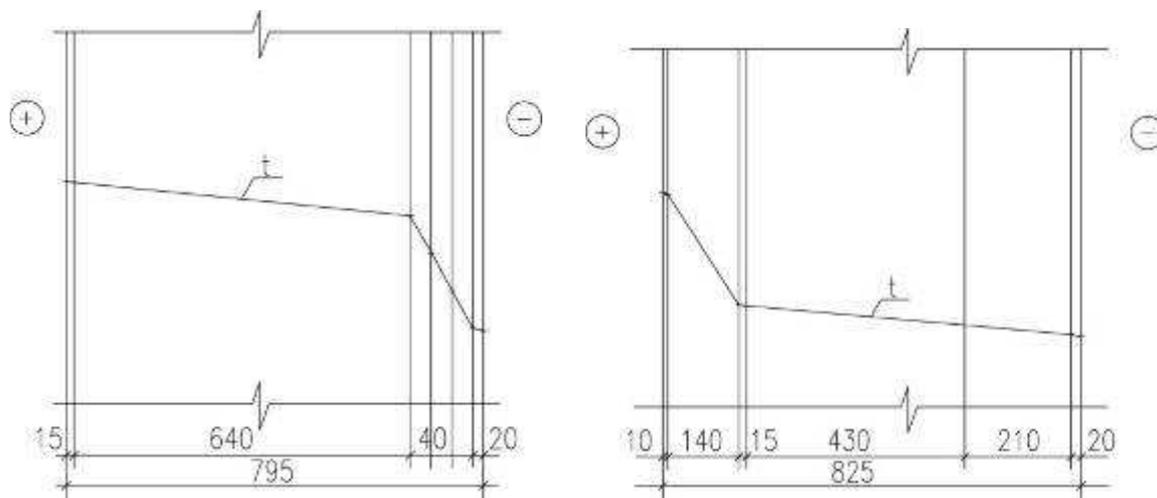


Рис. 3. – График распределения температуры в толще ограждения для варианта 1 (наружное утепление) и варианта 2 (внутреннее утепление)

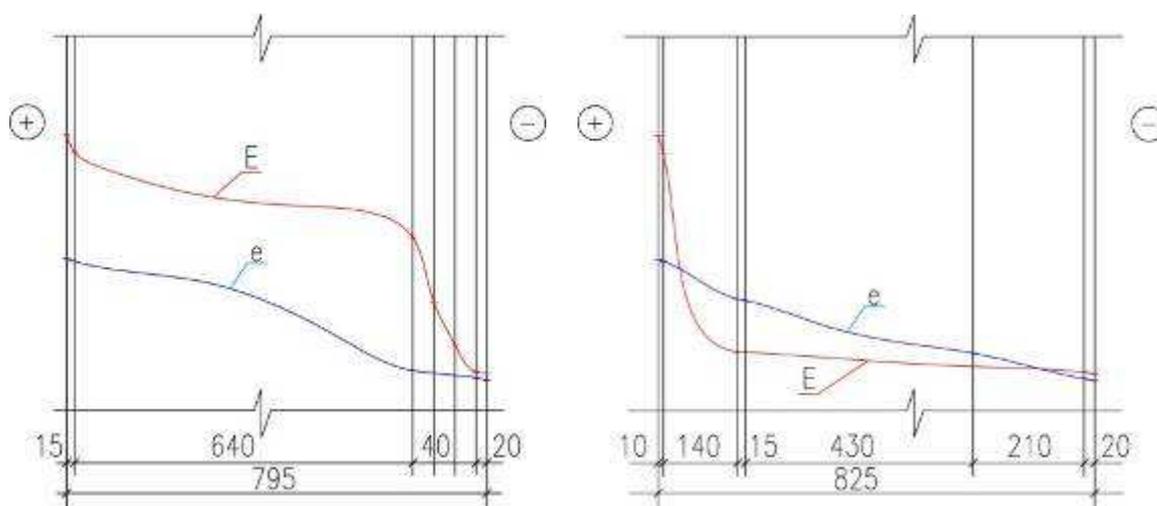


Рис. 4. – График распределения парциального давления насыщенного водяного пара и водяного пара на границе слоев в толще ограждения для варианта 1 (наружное утепление) и варианта 2 (внутреннее утепление)

Выводы

1. В результате проведения сравнительного анализа утепления наружных стен исторического здания было получено, что оба рассматриваемых варианта отвечают требованиям по теплотехнике, воздухопроницаемости и паропроницаемости.

2. При варианте 2 устройства утепления внутри несущей конструкции образуется конденсат, что ведет к разрушению стены и ухудшению ее теплопроводных функций кладки стены.

3. Для дальнейшей проработки принят Вариант 1 с устройством наружного слоя утеплителя и его последующей облицовкой клинкерной плиткой. Такое решение позволит выполнить реконструкцию исторического здания с реализацией необходимых интерьеров помещений в стиле «лофт».

Библиографический список

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003, М.: Минрегион России, 2012. - 117 с.
2. Дмитриев, А.Н. Энергосбережение в реконструируемых зданиях [Текст] : научное издание / А.Н. Дмитриев, П.В. Монастырев, С.Б. Сборщиков – М.: Издательство АСВ, 2008. – 208 с.
3. Дмитриев А. Н., Ковалев И. Н., Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2005., 233с.

References

1. SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings. The updated edition of SNiP 23-02-2003, Moscow: Ministry of regional development, 2012. - 117 C.
2. Dmitriev, A. N. Energy savings in reconstructed buildings [Text] : scientific edition / A. N. Dmitriev, P. V. Monastirev, S. B. Pickers – M.: Publishing house ASV, 2008. – 208 p.
3. Dmitriev A. N., Kovalev, I. N., Tabunschikov Y. A., Shilkin N. V. Guidance on evaluation of economic efficiency of investments in energy saving measures. – Moscow : AVOK-PRESS, 2005., 233c.

*Воронежский государственный
технический университет*

Доктор техн. наук, проф. кафедры

строительной техники и инженерной механики Ю.Ф. Устинов;

Канд. техн. наук, проф. кафедры

строительной техники и инженерной механики Ю.И. Калинин;

Старший преподаватель кафедры

строительной техники и инженерной механики А.В. Ульянов;

Бакалавры кафедры

строительной техники и инженерной механики: А.С. Колпак, И.Д. Ли, А.В. Наумкин;

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18

E-mail: ust@vgasu.vrn.ru

Voronezh State

Technical University

Doctor tehn. sciences, professor of the pulpit of construction machinery and engineering mechanics Y.F. Ustinov;

Cand. of Tech. Science, prof. of the chair of construction machinery and engineering mechanics Yu.I. Kalinin;

Senior Lecturer of the chair of construction machinery and engineering mechanics

A.V. Ulyanov;

Bachelors of the chair of construction machinery and engineering mechanics:

A.S. Kolpak, I.D. Li, A.V. Naumkin;

Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 271-59-18

E-mail: ust@vgasu.vrn.ru

Ю.Ф. Устинов, Ю.И. Калинин, А.В. Ульянов, А.С. Колпак, И.Д. Ли, А.В. Наумкин

СНИЖЕНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Изложены основные источники и причины генерации виброакустической энергии, описаны основные методы и средства снижения вибрации и шума транспортно-технологических машин на различных режимах работы, определены главные задачи снижения виброакустической энергии.

Ключевые слова: вибрация, шум, методы виброакустической защиты.

Y.F. Ustinov, Yu.I. Kalinin, A.V. Ulyanov, A.S. Kolpak, I.D. Li, A.V. Naumkin

DECREASE OF VIBROACOUSTIC ENERGY EARTH-TRANSPORT MACHINES

The basic sources and causes the generation of vibro-acoustic energy, describes the basic methods and means of reducing vibration and noise of transport and technological machines for different modes of operation, identified the main challenges to reduce vibro-acoustic energy.

Key words: vibration, noise, vibroacoustic methods of protection.

Процесс создания новых видов техники с форсированными рабочими параметрами по скорости, мощности, нагрузкам, неизбежно приводит к росту интенсивности вибрационных и акустических полей. Темпы этого роста опережают темпы создания новых методов и средств, обеспечивающих снижение уровней вибрации до безопасных значений.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в последние десятилетия в деле устранения опасных и вредных вибраций, действующих как на человека, так и на элементы конструкций машин, эта проблема и в настоящее время остается одной из наиболее острых, важных и актуальных.

В агрегатах, механизмах и узлах транспортно-технологических машин амплитуды и частоты действующих сил носят периодический, непериодический, импульсный, ударный и случайный характер. Отстройка от опасных резонансных режимов и снижение уровня колебаний в реальных конструкциях представляют важную научную проблему [1,3,8].

Дальнейшее изучение и развитие проблем вибрации в различных аспектах позволит решить задачи оптимизации виброакустической защиты систем “человек – машина – среда” и ряд существенных проблем виброакустической диагностики машин и механизмов, использования вибрации в технологических процессах и других [1,7].

Землеройно-транспортные машины (ЗТМ), как известно, предназначены для послойного резания грунта и перемещения его рабочим органом на некоторое расстояние. Таким образом, для ЗТМ характерны два режима работы: тяговый и транспортный, что влечет за собой резко различаемые нагрузки в трансмиссии и двигателе. К землеройно-транспортным машинам непрерывного действия, для которых основной режим работы тяговый, относятся автогрейдеры, грейдер-элеваторы, струги и т.д. Для бульдозеров и погрузчиков характерны в рабочем цикле приблизительно 50% тяговый и 50% транспортный режимы. Такое же распределение режимов работы характерно для машин, работающих на подготовительных работах, например, рыхление и киркование грунта. Для самоходных скреперов процесс копания грунта занимает малую часть в рабочем цикле. Для них характерен транспортный режим в условиях бездорожья.

Специфика работы ЗТМ в различных грунтовых условиях выделяет их в особую группу машин с точки зрения возникновения и распространения вибрации и шума [7]. Конструктивные особенности ЗТМ в общем случае следующие:

- наличие двух рам (основной и рабочего органа), увеличивающих массу и объем металлоконструкций;
- высокая концентрация на основной раме источников виброакустической энергии: двигателя внутреннего сгорания, карданной передачи, коробки передач и т.п., усложняет колебательный процесс рамы и кабины ЗТМ;
- отсутствие в подвеске мостов упругих и амортизирующих элементов влияет на амплитуду и время затухания колебательных процессов в раме;
- отсутствие дифференциала или его блокировка на некоторых ЗТМ увеличивает амплитуду колебаний моментов на осях ведущих мостов;
- наличие рабочего оборудования и системы управления им для выполнения технологического процесса являются дополнительными источниками виброакустических излучений.

На ЗТМ различают виброакустическую энергию, излучаемую в окружающую среду и опорные конструкции механического, электромагнитного, гидродинамического и аэродинамического происхождения. При выполнении технологических операций ЗТМ в общем случае излучение виброакустической энергии обусловлено:

- преобразованием одного вида энергии в другой, например, в двигателях внутреннего сгорания, электродвигателях, электрогенераторах, гидромоторах, насосах, гидротрансформаторах и других [7-10];
- взаимодействием рабочего органа и движителя с грунтом;
- работой механических передач, в частности, зубчатых в коробках передач, раздаточной и дополнительной;
- работой системы управления рабочим органом;
- недостаточной сбалансированностью деталей и уравновешенностью механизмов.

Основными источниками виброакустического излучения, определяющими вибрацию и структурный шум ЗТМ, являются двигатель внутреннего сгорания, трансмиссия и в меньшей степени, при малых скоростях (до 50 км/ч) неровности поверхности движения - колеса (шины), рабочий орган, гидравлическая система управления и другие [2,4].

Рациональность создания виброшумобезопасных машин устанавливается на основе комплексного анализа результатов работы по снижению вибрации и шума и затрат при внедрении их в производство [3,10].

В общем случае результат создания малошумных машин представляет собой совокупность научного, технического, организационного, социального и экономического эффектов. Он может включать эффекты специального характера: удовлетворение высоким качеством техники потребителей, снижением негативного влияния на окружающую среду и другие.

При анализе вариантов малошумных машин применяются технические показатели, характеризующие эксплуатационные, конструктивные и технологические свойства, которые используются в качестве исходных данных для расчета экономического эффекта. Недостатком технических показателей при сравнении вариантов машин с точки зрения их виброакустических характеристик является то, что они непосредственно не выражают затрат общественного труда и поэтому не позволяют рассчитать численное значение достигаемого экономического эффекта.

Виброакустическая энергия, генерируемая в коробках переменных передач (КПП), раздаточных коробках (РК) и дополнительных коробках (ДК) весьма существенна. Излучателями шума в таких системах являются ограждающие конструкции. От зубчатых передач шум через воздушный промежуток и ограждения проникает в окружающее пространство – это воздушный шум [1,6].

Колебания от зубчатых передач через опорные конструкции и стыковые соединения могут передаваться на внешние ограждающие конструкции, которые излучают структурный шум.

В кожухах КПП, РК, ДК имеются технологические отверстия (смотровые окна, отверстия для смазывания и т.д.). Шум таких систем складывается из шума, излучаемого кожухом, колеблющимся под действием шума внутри него и вследствие передающихся на него вибраций, а также воздушного шума, проходящего через отверстия и неплотности.

Несмотря на различное назначение и конструктивное исполнение, КПП, РК, ДК имеют ряд общих характерных особенностей:

- зубчатые передачи и ограждающие конструкции размещены на общей раме;
- кожухи имеют небольшие габариты и внутренняя воздушная полость систем относится к классу «малых» акустических объемов, размеры которых меньше длины волны на низких и средних частотах;
- ограждающие конструкции жестко связаны с металлическими опорными конструкциями;
- общий уровень излучаемого коробками шума определяется уровнем шума, излучаемого корпусом.

Шум зубчатых передач вызывается колебаниями колес и элементов конструкций, сопряженных с ними. Причинами этих колебаний являются: взаимное соударение зубьев при входе в зацепление, переменная деформация зубьев, вызванная непостоянством сил, приложенных к ним, кинематические погрешности зубчатых колес, переменные силы трения.

Спектр шума занимает широкую полосу частот, особенно значителен он в диапазоне 2000 – 5000 Гц. На фоне сплошного спектра имеются дискретные составляющие, основными из которых являются частоты, обусловленные взаимным соударением зубьев, действием ошибок в зацеплении и их гармониками.

Колебания возбуждаются также с частотами, определяемыми погрешностями зубчатой пары (перекос осей, отклонение от межцентрового расстояния и т.п.).

Зубчатое зацепление представляет собой систему с распределенными параметрами и имеет большое количество собственных частот колебаний. Это приводит к тому, что практически на всех режимах работа зубчатого зацепления сопровождается возникновением колебаний на резонансных частотах [1,6].

Снижение уровня шума может быть достигнуто снижением величины действующих переменных сил, снижением коэффициента передачи звуковых колебаний от мест возникновения к местам излучения, снижением колебательных скоростей за счет улучшения конструкции колеблющегося тела, сокращением поверхности излучения, увеличением внутреннего трения материала колес.

Одним из способов уменьшения вибрации и шума зубчатых колес является повышение точности их изготовления. Точность изготовления обеспечивается правильным выбором технологического процесса нарезания и доводочной обработкой венца (шевингованием, притиркой, тонким шлифованием и полированием). В результате применения этих операций величина циклических действующих ошибок уменьшается, и тем самым значительно снижается шумообразование (до 5 – 10 дБ).

Снижение шума передачи может быть достигнуто уменьшением частоты вращения зубчатых колес. Например, за счет применения двухступенчатых передач, уменьшения модуля, изменения числа зубьев.

На увеличение уровня шума зубчатых передач существенное влияние оказывают также монтажные и эксплуатационные дефекты. К монтажным дефектам относят повышенные зазоры в подшипниках, перекос осей, невыдержка межцентровых расстояний спариваемых зубчатых колес, неточное центрирование их, биение соединительных муфт. К эксплуатационным факторам, влияющим на шум зубчатых колес относят изменение передаваемого крутящего момента (в частности, его колебания), износ и режимы смазывания и количество смазочного материала. Изменение передаваемого крутящего момента порождает ударный характер взаимодействия зубьев в зацеплении. Отсутствие или недостаточное количество смазочных материалов металлических зубчатых колес приводит к повышению трения и, как следствие, к увеличению уровней звукового давления на 10 – 15 дБ.

Снижение интенсивности низкочастотных составляющих шума достигается повышением качества сборки и динамической балансировки вращающихся деталей. Введение упругих элементов в систему снижает динамические нагрузки на зубья колес.

Расположение зубчатых колес у опор на двухопорных валах, по возможности на неподвижной посадке без зазоров в опорах, также приводит к снижению шума.

Уменьшение зазоров между зубьями заметно снижает амплитуду вибраций зубчатых колес, вызванных внешними причинами, однако уменьшение зазора до значений, меньших допустимого нормами, вызывает заметное ухудшение в работе передачи. Современный и высококачественный ремонт зубчатых передач, при котором зазоры во всех сочленениях доводятся до предусмотренных допусками, необходим для снижения уровня шума и вибрации.

Интенсивным источником механической вибрации и шума транспортно-технологических машин являются подшипники качения. Внутренние силы, вызывающие вибрацию подшипников качения, обусловлены отклонениями элементов подшипника и монтажных размеров, зависящими от точности, принятой при изготовлении деталей. Силы возникают от разностенности колец подшипников, овальности и разноразмерности тел качения, волнистости на дорожках качения, радиального и осевого зазоров между телами качения и кольцами, а также зазора в гнездах сепаратора [1,6].

Колебания подшипников качения проявляются в широкой области от десятков до десятков тысяч Герц. Наиболее энергоемкие колебания сосредоточены в области, начиная от частоты вращения вала.

Следует отметить, что изготовленный с высокой точностью подшипник может стать источником интенсивной вибрации и шума, если будет неправильно установлен. Другой фактор, влияющий на уровень шума от подшипника – качество его смазывания.

Подшипники скольжения значительно менее виброактивны, чем подшипники качения, особенно на высоких частотах. Основная причина шума, создаваемого подшипниками скольжения – силы трения между поверхностями подшипника и шейки вала, возникающие в

результате неравномерного и неправильного смазывания подшипников. В неправильно смазанных подшипниках возникает контакт поверхностей вала и подшипника и появляется «скрип» в результате скачкообразного движения шейки вала и поверхностей опоры. Эти колебания происходят на субгармониках частоты вращения $1/2 f_0$ или $1/3 f_0$.

Проблема снижения шума от подшипников включает три самостоятельных задачи: применение подшипников качения с улучшенными шумовыми характеристиками; вибродемпфирование и виброизоляция колебаний, передаваемых на корпус машины; создание наиболее благоприятных условий работы подшипников в машине.

Для снижения шума лучше всего применять однорядные радиальные шариковые подшипники; подшипники других типов создают более высокий уровень шума и вибрации. Так, уровень вибрации роликовых подшипников выше, чем у шариковых на 5 дБ и более. Такую же величину составляет превышение уровней вибрации подшипников тяжелой серии по сравнению с подшипниками средней серии [1,6].

Шум и вибрация подшипников качения определяются степенью отклонения элементов подшипников от идеальных геометрических форм, величиной радиального зазора между кольцами и телами качения. Это обстоятельство важно при выборе класса точности подшипников и ряда радиального зазора.

Причинами вибрации и шума в подшипниках качения могут быть механическая неуравновешенность деталей, смещение центра масс деталей относительно геометрической оси вращения, что проявляется на частоте

$$f = k \frac{n}{60},$$

где n – частота вращения детали в подшипниках, мин^{-1} ; $k=1,2,3\dots$ - номер гармоники.

В подшипниках качения могут быть и другие причины генерации вибрации и шума [1,6].

Остаточная неуравновешенность вращающегося вала карданной передачи является одной из наиболее распространенных причин вибрации машин, а вследствие ее и излучаемого шума. Она характеризуется несовпадением главной оси инерции вала с осью вращения. В зависимости от взаимного расположения этих осей неуравновешенность жесткого вала разделяют на три вида [5,8,9].

При статической неуравновешенности ось вращения вала и его главная центральная ось инерции параллельны. Приведение всех неуравновешенных сил от дисбалансов к центру масс вала дает только главный вектор дисбалансов

$$\bar{F} = m\bar{e}_{CT}\omega^2, \quad (1)$$

где m – масса вала; \bar{e}_{CT} – удельный дисбаланс вала (эксцентриситет массы вала относительно оси вала); ω – угловая скорость вала.

Причинами статической неуравновешенности телескопического вала, кроме дисбалансов, вызванных разностью масс конструктивных элементов, находящихся на противоположных сторонах вала, могут быть несоосность поверхности внешнего вала с поверхностью внутреннего вала, прогиб вала и др.

Моментальная неуравновешенность вала возникает, когда ось вала и его главная центральная ось инерции пересекаются в центре масс вала. При этом приведение всех неуравновешенных сил к центру массы вращающегося вала дает только главный момент.

Когда ось вала и его главная центральная ось инерции пересекаются не в центре масс или перекрещиваются, возникает динамическая неуравновешенность вала. Она состоит из статической и моментной неуравновешенности и полностью определяется главным вектором и главным моментом дисбалансов. Типичный случай динамической неуравновешенности имеет место, когда отбалансированный на станке вал соединяют с другими фланцами на машине [7].

Помимо сил от дисбалансов, появляются силы, возникающие вследствие прогиба вала.

Вибрация, вызываемая неуравновешенностью вала, имеет частоту колебаний

$$f = \frac{n}{60}, \quad (2)$$

где n – частота вращения вала (об/мин).

В общем случае, когда вал карданной передачи имеет эксцентриситет массы \bar{e}_{CT} и прогиб h , при вращении вала с угловой скоростью ω возникает центробежная сила инерции $\bar{F}_{Ц}$

$$\bar{F}_{Ц} = m(h + \bar{e}_{CT})\omega^2. \quad (3)$$

До критической частоты вращения вала действует закон Гука, когда прогиб не превышает предел упругости вала. В этом случае сила $\bar{F}_{Ц}$ уравнивается силой упругости вала F_{yn} . Из литературных источников известно [5]

$$F_{yn} = kh \frac{EJ_n}{L^3}, \quad (4)$$

где k – коэффициент, равный 77 для валов, свободнолежащих на опорах и равный 384 для валов, закрепленных в опорах;

E – модуль упругости (для стали $E = 2 \cdot 10^5$ МПа);

J_n – полярный момент инерции вала;

L – длина вала.

Приравнивая $\bar{F}_{Ц} = F_{yn}$ имеем

$$m(h + \bar{e}_{CT})\omega^2 = kh \frac{EJ_n}{L^3}. \quad (5)$$

Из выражения (5) имеем

$$mh\omega^2 + m\bar{e}_{CT}\omega^2 = kh \frac{EJ_n}{L^3}.$$

Решим данное уравнение относительно прогиба вала h

$$h = \frac{m\bar{e}_{CT}\omega^2}{k \frac{EJ_n}{L^3} - m\omega^2}. \quad (6)$$

Математический анализ формулы (6) показывает, что при $m\omega^2 = k \frac{EJ_n}{L^3}$ прогиб вала h стремится к бесконечности ($h \rightarrow \infty$). Следовательно, критическая угловая скорость вращения

$$\omega_{кр} = \sqrt{k \frac{EJ_n}{mL^3}}. \quad (7)$$

Подставляя $\omega_{кр} = \frac{\pi n_{кр}}{30}$ получим критическую частоту вращения карданного вала

$$n_{кр} = \frac{30}{\pi L} \sqrt{k \frac{EJ_n}{mL}}. \quad (8)$$

Для снижения вибрации длинного карданного вала, например, на автогрейдерах, рекомендуется производить дополнительную динамическую балансировку непосредственно на месте их установки. Способ динамической балансировки карданных передач непосредственно на машине известен (Патент на изобр. № 210926 РФ. Способ динамической балансировки преимущественно карданного механизма / Ю.Ф. Устинов, В.А. Муравьев, опублик. 20.04.98, Бюл. №11)

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) является сложным источником виброакустической энергии, так как ее излучение складывается из нескольких потоков от разных механизмов и процессов, происходящих в двигателе.

Рассмотрение спектра шума и вибрации ДВС позволяет заключить, что виброакустическая энергия содержит тональные составляющие и сплошную область. Наличие большого количества составляющих и сплошной области излучения в спектрах указывает на большое количество источников виброакустической энергии в ДВС и причин, которые приводят к их появлению.

Главными причинами, вызывающими шум и вибрацию в ДВС являются следующие [4]:

- Сила давления газа в цилиндрах и возмущения, возникающие при перетекании газов в системах впуска и выпуска. Моменты от газовых сил также вызывают вибрацию и шум двигателя;
- Центробежные силы инерции и моменты этих сил;
- Силы инерции и моменты сил возвратно-поступательно движущихся масс;
- Давления, возникающие при впрыске в топливоподводящей системе.

Источники шума и вибрации возникают в системах впуска и выпуска двигателя, системе охлаждения, в процессе сгорания топлива в цилиндрах, механизмах двигателя при соударениях относительно перемещающихся деталей и в результате трения сопрягаемых элементах.

Периодичность излучения виброакустической энергии в процессе рабочего цикла – основная особенность всех источников ДВС [4].

Результаты исследования шума процесса впуска в цилиндры двигателя показывают возможность его снижения за счет совершенствования конструктивных параметров впускных систем: активной длины впускной трубы; радиуса впускной горловины; геометрических размеров впускных патрубков в головках блока; размеров воздухоочистителя и др.

Причиной появления шума процесса выпуска служит истечение отработавших газов, обладающих высокой энергией при открытии выпускных клапанов в головке блока цилиндров. Уровни шума при этом могут достигать 125-130 дБ [4].

В выпускных системах многоцилиндровых двигателей турбулентные шумы возникают при срыве вихрей в трубах при обтекании тел потоком газа и при течении газа у стенок (шум пограничного слоя), а также за счет перемешивания потоков газа, движущихся с различными скоростями.

В выпускной системе, непосредственно за клапаном, происходит формирование волны давления со значительной амплитудой. Волна с таким перепадом давления не является звуковой, но она может вызвать колебания конструктивных элементов труб и глушителя.

Известно, что заглушающие свойства выпускной системы лучше в том случае, когда собственные колебания входной и выходной от глушителя труб не совпадают между собой. Оптимальным оказывается тот случай, когда длина выходной трубы составляет менее половины длины входной трубы, при этом заглушение оказывается лучшим при любой конструкции глушителя.

Величина заглушения шума выпуска определяется конструкцией глушителя. Необходимо отметить, что часто наблюдается снижение заглушающих свойств глушителя на переменных режимах работы транспортно – технологических строительных машин.

На протяжении рабочего цикла, силы действующие во всех сопряжениях кривошипно-шатунного механизма ДВС, многократно меняют свой знак. Изменение направления действия силы приводит к соударению относительно перемещающихся звеньев и появлению вибрационных импульсов. Удары могут возникать в шатунных подшипниках коленчатого вала, в сопряжении шатун – поршневой палец – поршень, а также между поршнем и гильзой цилиндра. Такие удары приводят к появлению шума и вибрации двигателя.

В моменты рабочего цикла, когда происходит изменение знака боковой силы, возникает удар поршня о стенку цилиндра и его интенсивность растет с увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Помимо скоростного режима интенсивность удара определяется: величиной зазора в сопряжении поршень – гильза; весом деталей, совершающих возвратно-поступательное движение; произведением длины поршня на диаметр. Увеличение всех перечисленных параметров приводит к более интенсивному удару, а значит к возрастанию вибрации и шума.

В хорошо уравновешенных ДВС существенно снижаются составляющие спектра шума.

Рационально спроектированная подвеска позволяет значительно снизить шум в соответствующих полосах частот спектра и сгладить негативные последствия недостатков в организации рабочего процесса, динамической несбалансированности и неуравновешенности двигателя.

Требование, предъявляемое к подвеске, состоит в том, чтобы обеспечить собственные частоты в узкой полосе и колебания двигателя в пространстве сделать несвязанными. Для этого опоры следует располагать в плоскости, проходящей через главную ось инерции и симметрично относительно нее [4].

Еще одним источником шума ДВС является газораспределительный механизм, в котором развиваются значительные силы, возбуждающие колебательные движения деталей механизма – пружин, коромысел, штанг, клапанов.

Ударная посадка клапанов в гнезде, удары, возникающие при выборе зазоров в толкателях и других сопрягаемых деталях механизма, вызывают появление вибрационных импульсов в блоке и головке, которые излучаются наружными поверхностями двигателя. Это приводит к появлению значительного шума по уровню и с неблагоприятным спектром в высокочастотной области [4].

Применение гидравлических толкателей позволяет создать минимальный тепловой зазор в механизме, что обеспечивает посадку клапанов с минимальными скоростями.

Использование различных материалов для головок блока приводит к существенному снижению шума и вибрации двигателя. Особенно большое влияние это оказывает на шум от газораспределения. Чугунные головки снижают шум лучше алюминиевых сплавов.

На снижение шума также влияет тщательный выбор параметров упругих прокладок между крышками механизма газораспределения и блоком, между крышками головок блока и головками блока [4].

Методы исследования динамических систем. Землеройно-транспортные машины, имеющие высокую концентрацию агрегатов, механизмов и узлов на основной раме в сочетании с рабочим органом, системой управления и пневмоколесным движителем, представляют собой сложную динамическую систему. Исследование динамических систем включает определение параметров виброакустических процессов на основе выбранного метода.

Выбор метода исследований и поиск оптимальных решений сложных динамических систем – процесс трудоемкий и во многих практических случаях не реализуемый из-за невозможности предугадать форму и точность решений.

На практике в различных отраслях машиностроения используются методы исследования и расчета параметров быстропеременных процессов, основные из которых следующие:

- Метод решения задач динамики сложных механических систем на основе классической теории колебаний, например, с использованием уравнений Лагранжа второго рода, в которых учитываются лишь основные параметры систем (масса, жесткость, демпфирование и др.), оказывающие влияние на конечный результат. Эта теория, хорошо описывающая динамику простейшей механической системы, применительно к сложным системам типа ЗТМ не обеспечивает достаточной точности решений из-за отличия реальных граничных условий от математической модели;
- Метод, базирующийся на теории звуковых колебаний и волн. Механические системы рассматриваются как среда, в которой распространяются различные типы волн, от-

ражающиеся во всех местах нарушения сплошности среды, особенно на краях свободных поверхностей и в местах соединений элементов. Данный метод представляет собой расчет распространения волн в различных средах, однако в некоторых случаях применительно к механическим системам он приводит к трудоемким расчетам и не высокой точности расчета;

- Геометрический (лучевой) метод расчета уровней звукового давления и уровней звука устарел вследствие большой погрешности;
- Энергетический метод исследования быстропеременных процессов, основанный на законах статистической физики. Этот метод удовлетворительно описывает усредненные виброакустические характеристики элементов динамических систем при условии большого количества резонансных частот элементов в исследуемом диапазоне частот;
- Метод модального анализа, основанный на теории электрических цепей, позволяет описать быстропеременные процессы сложных динамических систем. Практическая ценность метода состоит в том, что для расчетов используется теория матриц;
- Численные методы и, в частности, метод конечных элементов (МКЭ). На современном этапе развития науки и техники МКЭ является самым мощным численным методом решения дифференциальных и векторных уравнений в различных отраслях машиностроения. Этот метод позволяет исследовать и оптимизировать виброакустические процессы в динамических системах практически любой сложности при использовании современных ЭВМ. МКЭ в своей структуре содержит целый ряд формальных процедур и способов построения математических моделей механических систем и обеспечен методами исследований математических моделей. Он является предпочтительным на заключительной стадии проектирования ЗТМ, когда определены все параметры машины и рассчитаны на прочность элементы конструкции. Данный метод позволяет аппроксимировать дискретной моделью реальные конструкции, изменять структуру моделей для поиска альтернативных решений с целью выбора оптимальных;
- Экспериментальный метод исследования служит для определения параметров виброакустических процессов. Обычно данный метод используется для проверки результатов аналитических исследований и расчетных параметров систем. Вместе с тем аналитические модели, отражающие в полной мере реальные процессы, часто отсутствуют и найденные экспериментально некоторые виброакустические характеристики служат основой последующих расчетов и проектирования рациональных конструкций. Экспериментальный метод позволяет подтвердить или опровергнуть результаты аналитических исследований виброакустических параметров ЗТМ, а также выявить некоторые закономерности и способы снижения вибрации, воздушного и структурного шума на машинах.

Выводы

Создание новой – более совершенной и производительной строительной и дорожной техники требует инновационного подхода к решению проблем виброакустической динамики машин. При этом необходимо решать задачи в следующих научно-технических направлениях:

1. Разработка новых и совершенствование существующих методов расчета виброакустических параметров с использованием численных методов и векторной анимации (мультимедийных технологий), учитывающих особенности рамных, пластинчатых, оболочечных и других конструктивных элементов машин;

2. Создание более эффективных материалов виброизоляторов из виброзвукопоглощающих конструкций с использованием принципов бионики и нанотехнологий, позволяющих изменять характеристики вибрации и шума в зависимости от режима работы транспорт-

но-технологических машин;

3. Разработка автоматизированных способов управления массовыми, жесткостными, диссипативными параметрами виброшумозащитных элементов.

4. Создание более совершенных методов оптимизации виброшумозащитных комплексов транспортно-технологических машин в условиях рыночной экономики и высоких требований к безопасности техники.

Библиографический список

1. Вибрация в технике. Справочник, т.3. М.: "Машиностроение", 1980, -544с.
2. Жулай В.А., Тюнин В.Л., Малофеев А.В. Анализ мощностного баланса землеройно-транспортных машин// Научный вестник Воронежского ГАСУ. Высокие технологии. Экология. 2012. №1. с.296-299.
3. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. – М.: Университетская книга, Логос, 2008. – 424с.
4. Луканин В.Н. Шум автотракторных двигателей внутреннего сгорания. М.: "Машиностроение", 1971, -272с.
5. Маслов Г.С. Расчеты колебаний валов. М.: "Машиностроение", 1968, -271с.
6. Справочник по судовой акустике/под ред. И.И. Клюкина и И.И. Боголепова. Л.: Судостроение, 1978, -504с.
7. Устинов Ю.Ф. Концептуальные принципы создания виброшумобезопасных машин строительного комплекса// Промышленное и гражданское строительство. 2010. №9. с.23-27.
8. Устинов Ю.Ф., Гольцов Д.Н., Чернышев Д.И. Виброакустические характеристики автогрейдера с колесной формулой 1х2х3// Научный вестник Воронежского ГАСУ. Высокие технологии. Экология. 2013. №1 с.181-188.
9. Устинов Ю.Ф., Волков Н.М., Покачалов А.С., Гольцов Д.Н., Чернышев Д.И. Виброакустические характеристики автогрейдеров// Строительные и дорожные машины. 2015. №1. с.7-10.
10. Ю.Ф. Устинов. Механические колебания и виброакустическая защита транспортно – технологических строительных машин: учеб. пособие / Ю.Ф.Устинов, Воронежский ГА-СУ.- Воронеж, 2015, -239с.

References

1. Vibration technique. Handbook, Volume 3. M.: "Engineering", 1980, -544s.
2. Zhulai V.A., Tyunin V.L., Malofeev A.V. Analiz power balance zemleroyno-transport machines // Scientific Herald of the Voronezh GASU. High tech. Ecology. 2012. №1. s.296-299.
3. Ivanov N.I. Engineering acoustics. Theory and practice of noise control: a tutorial. - M. : University Book, Logos, 2008. - 424c.
4. Lukanin V.N. Noise automotive internal combustion engines. M.: "Engineering", 1971, -272s.
5. Maslov G.S. Calculations oscillation shafts. M.: "Engineering", 1968, -271s.
6. Reference ship acoustics / under red. I.I. Klyukina and I.I. Bogolepova. L. : Shipbuilding, 1978, -504s.
7. Ustinov Yu.F. Conceptual principles of machine building complex vibroshumobezopasnyh // Industrial and civil stroitelstvo. 2010. №9. s.23-27.
8. Ustinov Yu.F., Goltsov D.N., Chernyshev D.I. Vibroacoustic characteristics grader wheel formula 1x2x3 // Scientific Herald of the Voronezh GASU. High tech. Ecology. 2013. №1 s.181-188.
9. Ustinov Yu.F., Volkov N.M., Pokachalov A.S., Goltsov D.N., Chernyshev D.I. Vibroacoustic characteristics graders // Building and road machines. 2015. №1. s.7-10.
10. Ustinov Yu.F. Mechanical oscillations and vibro-acoustic protection of transport - technological construction machinery: Textbooks / Yu.F. Ustinov Voronezh Voronezh GASU.-, 2015, -239s.

*Воронежский государственный
технический университет
Д-р тех. наук, проф., Ю.Ф. Устинов
Канд. тех. наук, проф., В.А. Муравьев
Магистрант А.С. Колпак
Военно-воздушная академия им. профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
Канд. тех. наук, доц., нач. каф. 23
А.А. Кравченко
Канд. тех. наук А.В. Дрозд
Россия, Воронеж, тел. +7(473) 2-71-59-18
E-mail: ust@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State Technical University
Dr. Sci. Tech., prof., Y.F. Ustinov
Kand. Sci. Tech., prof., V.A. Muravyov
Master of A.S. Kolpak
Military and air academy of professor N.E.
Zhukovsky and Yu.A. Gagarin
Kand. Sci. Tech., chief of chair 23
A.A. Kravchenko
Kand. Sci. Tech A.V. Drozd
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-71-59-18;
E-mail: ust@vgasu.vrn.ru*

Ю.Ф. Устинов, В.А. Муравьев, А.А. Кравченко, А.В. Дрозд, А.С. Колпак

ПАНЕЛИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА В КАБИНАХ МАШИН И В ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Представлено описание конструкции звукопоглощающих панелей и результаты проверки эффективности звукопоглощения этих панелей.

Ключевые слова: звукопоглощающая панель, коэффициент звукопоглощения, интерферометр, эффективность звукопоглощения.

Y.F. Ustinov, V.A. Muravyov, A.A. Kravchenko, A.V. Drozd, A.S. Kolpak

PANEL FOR NOISE REDUCTION IN THE CAB CAR, REZIDENTIAL, PUBLIC AND INDUSTRIAL PREMISES

The description of the construction of sound-absorbing panels and the results of testing the effectiveness of the sound absorption panels.

Keywords: sound absorbing panel, the sound absorption coefficient of the interferometer, effective sound absorption.

Чтобы уменьшить уровень шума в кабинах машин или в помещениях зданий, необходимо создать такой шумозащитный комплекс, который должен обеспечить снижение структурного шума (звуковой вибрации, передающейся по элементам конструкций) и воздушного шума, передающегося через окружающую среду, за счет применения звукопоглощающих панелей [1], [2]. Такие панели располагают на внутренних стенах зданий, на внутренних поверхностях кабин, кузовов или салонов мобильных машин.

Для снижения шума в замкнутых помещениях разработаны эффективные звукопоглощающие конструкции: сотовые, камерные, объемные и др.

Например, **звукопоглощающая сотовая панель** [3], [4] содержит поверхностные листы 1 и 2 и закрепленный между ними сотовый наполнитель 3 (рис. 1, 2 и 3).

Сотовый наполнитель 3 состоит из сблокированных пустотелых ячеек. Ячейки наполнителя 3 расположены по исходящим из центра 5 панели логарифмическим спиральям 6 и 7. Ячейки выполнены в поперечном сечении уменьшающимися от периферийной зоны панели

к ее центру 5. В поверхностном листе 2, имеющем толщину l_1 выполнены сквозные отверстия 8 над каждой ячейкой.

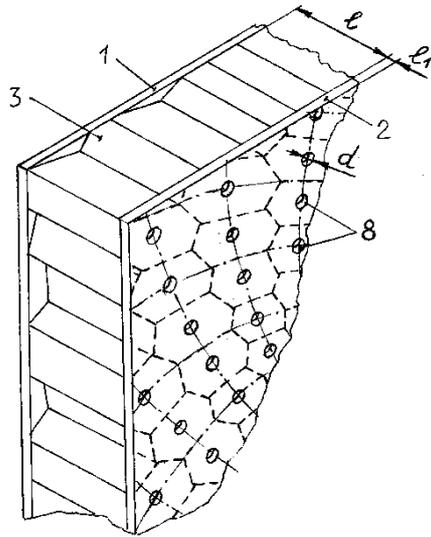


Рис. 1. Фрагмент звукопоглощающей сотовой панели

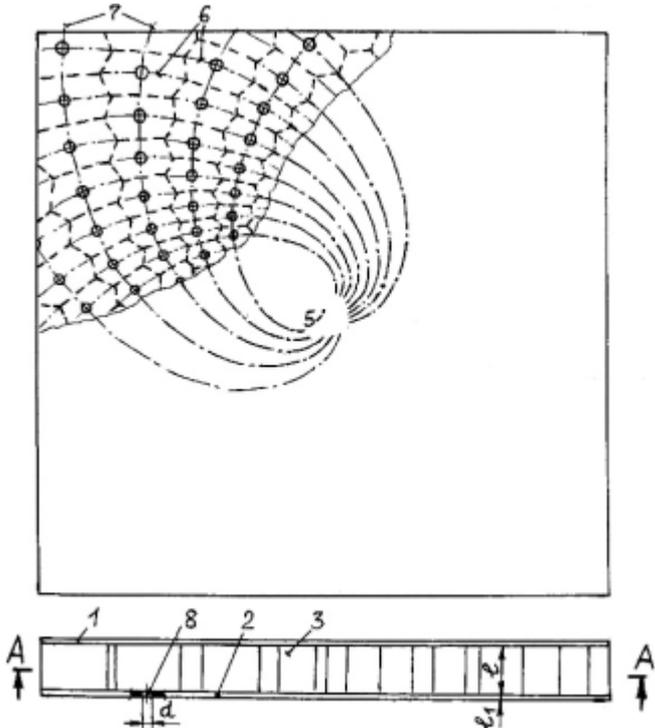


Рис. 2. Звукопоглощающая сотовая панель

Отверстия 8 сообщают атмосферу с камерами ячеек и выполнены с диаметрами d , пропорциональными объему камер соответствующих ячеек. Это превращает каждую ячейку сотового заполнителя в резонатор Гельмгольца и повышает эффективность звукопоглощения. Резонаторы Гельмгольца содержат камеру с объемом V_p , соединенную с воздуховодом в виде отверстия в стенке воздуховода.

Резонансная частота f_p резонатора Гельмгольца определяется выражением [4]:

$$f_p = 0,5c / \pi \sqrt{F_{\Gamma} / (\ell_{\Gamma} V_p)}, \quad (1)$$

где ℓ_{Γ} - длина горла резонатора; F_{Γ} - площадь горла резонатора.

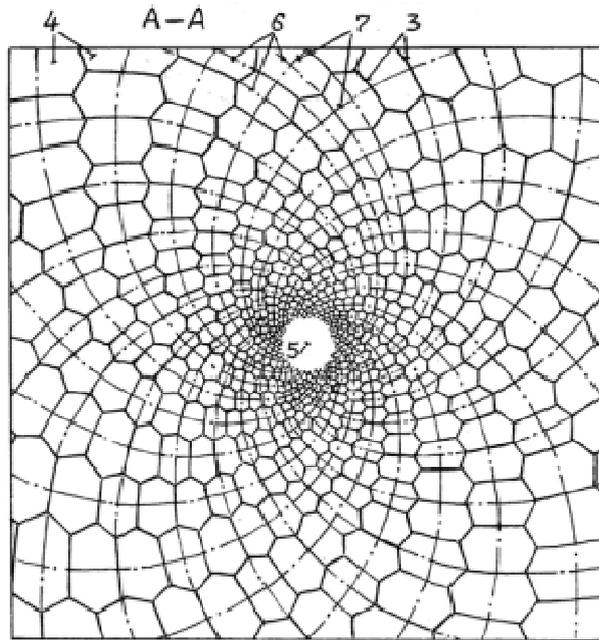


Рис. 3. Разрез звукопоглощающей сотовой панели

Подставляя в эту формулу выражения: $F_{\Gamma} = \pi D^2 / 4$, $V_p = \ell S$ и $\ell_{\Gamma} = \ell_1$, получаем формулу для вычисления диаметра отверстия d в поверхностном листе 2 (рис. 1 и 2).

$$d = 4 f_p / c \sqrt{\pi \ell \ell_1 S}, \quad (2)$$

где ℓ_1 - толщина поверхностного листа 2, имеющего отверстие 8, м;

ℓ - толщина сотового заполнителя 3, м;

S - площадь поперечного сечения ячейки 4 сотового заполнителя 3, противолежащей отверстию 8 в поверхностном листе 4, м²;

c - скорость звука в воздухе при температуре + 20⁰С ; $c = 344$ м/с;

f_p - резонансная частота ячейки 4 сотового заполнителя 3, Гц.

Поперечные сечения ячеек 4 сотового заполнителя 3 увеличиваются от центра 5 панели (рис. 3) к ее периферийной части, следовательно, увеличиваются и площади поперечных сечений ячеек 4. Слои ячеек 4, расположенных по логарифмическим спиральям 7, сдвинуты относительно друг друга. Таким образом получается плотная гексагональная упаковка. Из контуров ячеек 4 получается сеть, которая имеет минимальную длину. Поверхностные листы 1 и 2 и стенки ячеек 4 сотового заполнителя 3 могут быть изготовлены из различных материалов, например, металлической фольги, плотной бумаги, синтетической пленки.

Звукопоглощающая сотовая панель работает следующим образом: при воздействии на сотовую панель широкополосного звука звуковые волны через отверстия 8 в поверхностном листе 2 попадают в воздушные камеры ячеек 4. Воздушные камеры ячеек 4 резонируют на определенной частоте и поглощают акустические колебания этой частоты. Расположение ячеек 4 по пересекающимся между собой под углом 90⁰ спиральям 6 и 7 позволило создать плотную структуру разновеликих в поперечном сечении ячеек 4, уменьшающихся от периферийной зоны к центру 5 панели в большом диапазоне. Отверстия 8 в поверхностном листе

2 выполнены также изменяющимися в зависимости от площади поперечного сечения ячеек 4 и задаваемой резонансной частоты каждой из них. Подбором диаметров d отверстий 8 ячейки 4 настраивают на основные частоты внешнего акустического поля широкополосного звукового воздействия, что приводит к эффективному поглощению широкого интервала частот акустических колебаний широкополосного звука, создаваемого при работе на современных машинах. Слои ячеек 4 расположенных по каждой логарифмической спирали 7 (рис.2 и 3), идентичны, что упрощает процесс изготовления сотового заполнителя 3.

Звукопоглощающая камерная ячеистая панель [5], [6] содержит ячеистый заполнитель 1, имеющий пирамидальные полые выступы «В» с усеченными вершинами (рис. 4 и 5).

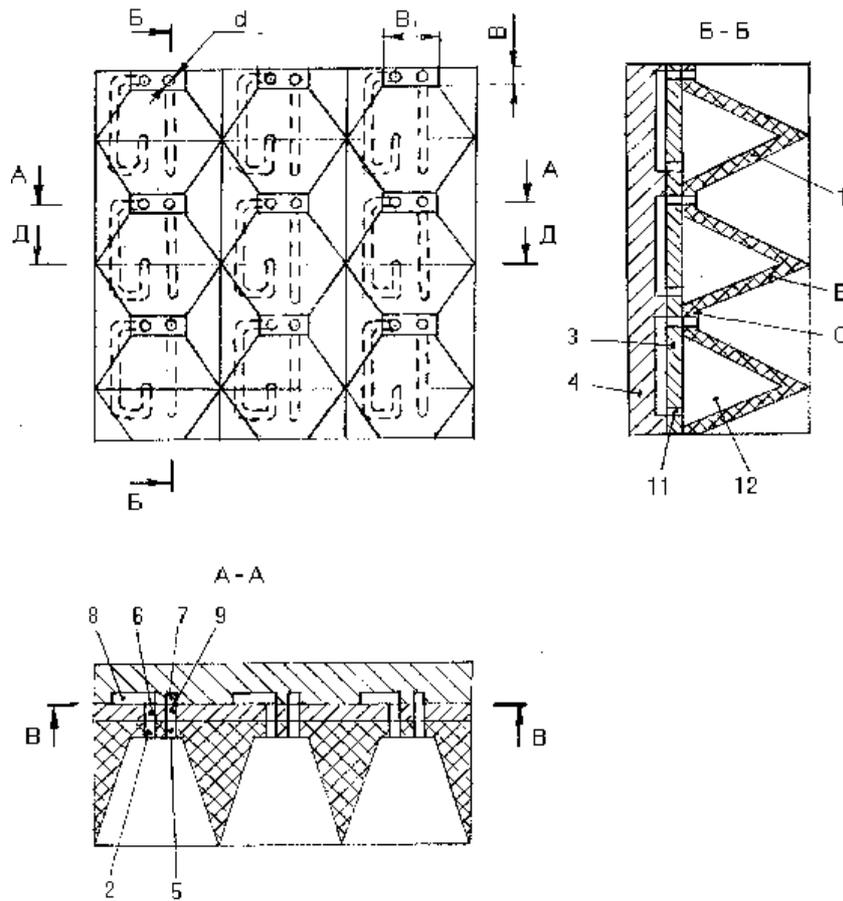


Рис. 4. Звукопоглощающая ячеистая панель

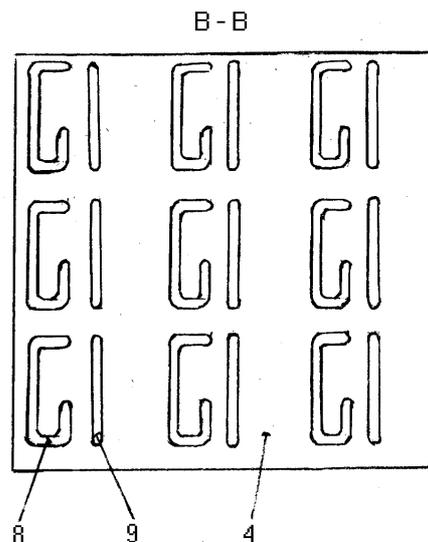


Рис. 5. Звукопоглощающая ячеистая панель

На основании «О» усеченной вершины каждого пирамидального выступа «В» ячеистого заполнителя 1 выполнено отверстие 2. Звукопоглощающая панель содержит также промежуточную прослойку 3, которая жестко и герметично (например, с помощью клея) соединена с одной стороны с ячеистым заполнителем 1, а с другой стороны – с наружной облицовкой 4. На основании усеченной вершины «О» каждого пирамидального полого выступа «В» ячеистого заполнителя 1 выполнено дополнительное отверстие 5. Соосно двум отверстиям 2 и 5 на основании «О» усеченной вершины каждого пирамидального выступа «В» ячеистого заполнителя 1 выполнены два отверстия 6 и 7 в промежуточной прослойке 3. Эти отверстия соединены с каналами 8 и 9, изготовленными в стенке наружной облицовки 4, обращенной к промежуточной прослойке 3. Каналы 8 и 9 через отверстия 10 и 11 в промежуточной прослойке 3 соединены с камерой 12, заключенной между ячеистым заполнителем 1 и промежуточной прослойкой 3. Длина одного из двух каналов 8 и 9, выполненных в стенке наружной облицовки 4, отличается от длины другого канала на половину длины звуковой волны, подвергаемой звукоподавлению.

Звукопоглощающая объемная панель [7], [8] из пористого материала имеет на лицевой стороне объемные элементы (рис. 6), размещенные по квадратной решетке или в шахматном порядке.



Рис.6. Объемные элементы, выполненные в виде полости, имеющей на лицевой стороне панели отверстие прямоугольной формы

Объемные элементы выполняют в виде полости, имеющей на лицевой стороне панели входное отверстие для звуковой волны. В сечении объемного элемента плоскостью, перпендикулярной лицевой поверхности 1 панели (рис. 6) стенки полости изготовлены в форме двух равноотстоящих друг от друга логарифмических спиралей 2 и 3 (рис. 7). Аналогичную форму полости имеет улитка внутреннего уха человека.

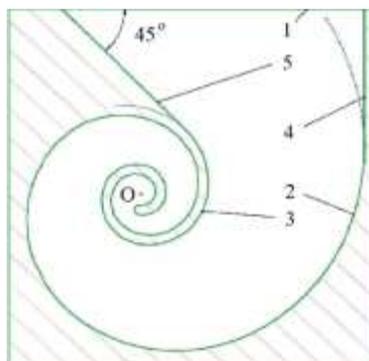


Рис. 7. Поперечный разрез объемного элемента звукопоглощающей панели

У входного отверстия спираль 2 касается стенки 4 полости, перпендикулярной лицевой стороне 1 панели, а спираль 3 касается стенки 5 полости, наклоненной под углом 45 градусов к лицевой стороне 1 панели. Длина полости L , сделанной по контуру логарифмической спирали, принята равной четверти длины волны звука на низшей частоте в воздушной среде при стандартных атмосферных условиях.

Изобретение позволяет повысить эффективность звукопоглощения при широком интервале частот акустического поля.

Материал панели имеет большое число открытых, сообщающихся между собой пор. Звуковая волна, заходя в поры материала, вызывает колебание находящихся там молекул воздуха. За счет трения, возникающего между этими молекулами, а также между молекулами воздуха и материалом вокруг поры, звуковая волна угасает, переходя в тепло.

Через отверстия на лицевой стороне панели звуковая волна заходит в полости, выполненные по контуру логарифмической спирали и в основном эффективное звукопоглощение происходит за счет отражения звуковой волны различными участками полостей в широком интервале частот акустического поля.

Выводы

1. Высокая эффективность звукопоглощения рассматриваемых панелей экспериментально подтверждена.

2. Нормальные коэффициенты звукопоглощения α , полученные по результатам испытаний образцов звукопоглощающей объемной панели на интерферометрах:

- при значениях частоты звуковой волны $f=50\dots 500$ Гц $\alpha = 0,811-0,953$;
- при значениях частоты звуковой волны $f=125\dots 2000$ Гц $\alpha = 0,884-0,987$.

Библиографический список

1. Устинов Ю.Ф. Механические колебания и виброакустическая защита транспортно-технологических строительных машин: учеб. пособие / Ю.Ф. Устинов. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2015. -239 с.

2. Устинов Ю. Рекомендации по борьбе с автотранспортным шумом / Воронежский научно-технический вестник. - 2012. - №3. - С. 21.

3. Пат. 2206458, Российская Федерация, МПК 7 В32В 3/12. Звукопоглощающая сотовая панель / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Щербинин М.И., Чернов М.В., Никитин С.А., Пока-

чалов А.С., Кравченко А.А., Дуплищев С.М., Муравьев А.В., Кондауров Ю.А., Волков Н.М., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т.- №200210097/12, заявл.29.03.02, опубл. 20.06.03, Бюл. №22. - 4 с.: ил.

4. Устинов Ю.Ф., Щербинин М.И., Муравьев В.А., Чернов М.В., Никитин С.А., Покачалов А.С., Кравченко А.А., Дуплищев С.М., Муравьев А.В., Кондауров Ю.А., Волков Н.М. Звукопоглощающая сотовая панель / Труды 6-ой международной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». ВГАСУ, Воронеж, 2003. - С. 202-206.

5. Пат. 2239238, Российская Федерация, МПК 7 В32В 3/12. Звукоподавляющая ячеистая панель / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Дегтев Д.Н., Муравьев А.В., Волков Н.М., Харламов А.Ю., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т.- №2003107507/12, заявл.18.03.03, опубл. 27.10.04, Бюл. №30. - 6 с.: ил

6. Муравьев В.А., Дегтев Д.Н., Волков Н.М., Муравьев А.В., Дуплищев С.М., Кондауров Ю.А. Звукоподавляющая ячеистая панель / Научный вестник ВГАСУ «Колебательные, вибрационные, акустические процессы в строительном комплексе и градостроительстве», Вып. №1, Воронеж, 2005. – С. 70-75.

7. Пат. 2593401, Российская Федерация, МПК 7 E04В 1/84. Звукопоглощающая панель / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Гольцов Д.Н., Чернышев Д.И., Кравченко А.А., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т.- №2015106452/03, заявл.25.02.15, опубл. 10.08.16, Бюл. №24. - 12 с.: ил.

8. Муравьев В.А., Кравченко А.А. Звукопоглощающая панель / Научный вестник Воронежского ГАСУ. Материалы 19-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии. Экология», Воронеж, 2016. -С. 329-334.

References

1. Y. F. Ustinov Mechanical vibrations and vibro-acoustic protection of transport and technological machines and construction: proc. a manual / Y. F. Ustinov. – Voronezh: Voronezh-ski GUS, 2015.-239 p.

2. Ustinov Yu Vibro-acoustic characteristics of the graders / Yuri Ustinov [et al.] // Construction and road machines.-2015.- No. 1.- P.7.

3. Pat. 2206458, Russian Federation, IPC 7 B32B 3/12. Sound-absorbing cell panel / Ustinov Yu. F., Muravyev V. A., Shcherbinin M. I., Chernov M.V., Nikitin S. A., Pokachalov A. S., Kravchenko A. A. Duplishchev S. M., Muravyov A. V., Kondaurov A. Yu., Volkov N. M. for the applicant and patentee Voronezh. GOS. Arch. - builds. Univ.- No. 200210097/12, appl. 29.03.02, publ. 20.06.03, bull. No. 22. - 4 p.: il.

4. Ustinov Yu. F., Shcherbinin M.I., Muravyev V. A, Chernov M.V., Nikitin S.A., Pokachalov A.S., Kravchenko A.A., Duplishchev S.M., Muravyev A.V., Kondaurov Yu.A., Volkov N.M. Sound-absorbing cell panel / Proceedings of the 6th International Scientific-Practical Conference "High technologies in ecology." VGASU, Voronezh, 2003. – P. 202-206.

5. Pat. 2239238, Russian Federation, IPC 7 V32V 3/12. Cellular panel / Ustinov Yu.F., Muravyev V. A., Degtev D.N., Muravyev A.V., Volkov N.M., Kharlamov A.Yu., the applicant and the patentee Voronezh. state. arch. - building. Univ.- №2003107507 / 12, appl.18.03.03, publ. 27.10.04, bul. №30. - 6 p.: il.

6. Muravyev V.A., Degtev D.N., Volkov N.M., Muravyev A.V., Duplishchev S.M., Kondaurov Yu.A. Cellular panel / Scientific Bulletin VGASU "Vibrational, VIB-diet acoustic processes in the construction industry and urban development", Vol. №1, Voronezh, 2005. - P. 70-75.

7. Pat. 2593401, Russian Federation, IPC 7 E04V 1/84. Sound-absorbing panels / Ustinov Yu.F., Muravyev V.A., Goltsov D.N., Chernyshev D.I., Kravchenko AA., the applicant and the patentee Voronezh. state. arch. - building. Univ.- №2015106452 / 03, appl.25.02.15, publ. 08.10.16, bul. №24. - 12 p.: il.

8. Muravyev V.A., Kravchenko A.A. Sound-absorbing panels / Scientific Bulletin of Voronezh-GASU. Proceedings of the 19th inter-regional scientific-practical conference "High Technologies. Ecology ", Voronezh, 2016.-P. 329-334.

*Воронежский государственный
технический университет
Д-р тех. наук, проф., Ю.Ф. Устинов
Канд. тех. наук, проф., В.А. Муравьев
Магистрант А.В. Наумкин
Военно-воздушная академия им. профессо-
ра Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
Канд. тех. наук, доц., нач. каф. 23
А.А. Кравченко
Канд. тех. наук А.А. Колтаков
Канд. тех. наук А.В. Дрозд
Россия, Воронеж, тел. +7(473) 2-71-59-18
E-mail: ust@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State Technical University
Dr. Sci.Tech., prof., Y.F. Ustinov
Kand. Sci. Tech., prof., V.A. Muravyov
Master of A.V. Naumkin
Military and air academy of professor N.E.
Zhukovsky and Yu.A. Gagarin
Kand. Sci. Tech., chief of chair 23
A.A. Kravchenko
Kand. Sci. Tech. A. A. Koltakov
Kand. Sci. Tech A.V. Drozd
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-71-59-18;
E-mail: ust@vgasu.vrn.ru*

Ю.Ф. Устинов, В.А. Муравьев, А.А. Кравченко, А.А. Колтаков, А.В. Дрозд, А.В. Наумкин

ВИБРОИЗОЛЯТОРЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИИ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИНАХ

Представлены конструкторские разработки различных виброизолято-
ров для снижения вибрации в транспортно-технологических машинах.

Ключевые слова: вибрации, виброизоляторы, машины транспортно-технологические.

Y.F. Ustinov, V.A. Muravyov, A.A. Kravchenko, A.A. Koltakov, A.V. Drozd, A.V. Naumkin

VIBRATION ISOLATORS TO REDUCE VIBRATION IN THE TRANSPORT-TECHNOLOGICAL MACHINES

We present the design development of various vibration insulators to reduce
vibration in the transport and technological machines.

Keywords: vibration isolators, car transport and technology.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в последние десятилетия в деле устранения опасных и вредных вибраций, действующих на человека, окружающую среду и элементы конструкции машин, эта проблема и в настоящее время остается одной из наиболее острых, важных и актуальных.

Чтобы уменьшить уровень вибрации и шума в кабинах транспортно-технологических машин, разработаны различные виброизоляторы [1], [2], [3], [4], [5] с постоянной жесткостью, но с различными формами эластомеров, работающих на следующие виды деформаций: сжатие-сдвиг; сжатие-растяжение; сжатие-сдвиг-коаксиальное кручение; сдвиг-коаксиальное кручение.

Например, *виброизолятор* [2] (рис.1) содержит цилиндрический корпус 1 с двумя крышками 2. В полости корпуса 1 размещен поршень 3 со штоком 4. Корпус 1 может быть, например, закреплен на раме машины, а шток 4 – на кабине. Между поршнем 3 и крышками 2 расположены два упругих элемента 5, предварительно изготовленные в форме шара. Формы поверхностей крышек 2 и поршня 3 таковы, что при сборке виброизолятора упругие эле-

менты 5 в сечении плоскостью, проходящей через ось виброизолятора, получают форму наружной поверхности, близкую к форме замкнутой кривой Кассини.

Эта форма упругих элементов соответствует форме эритроцита при минимальной затрате энергии на его деформацию. По сравнению с цилиндрическими кольцевыми упругими элементами принятая форма упругих элементов, имеющих меньшую жесткость, позволяет повысить эффективность виброзащиты кабины.

В многосекционных турбинных забойных двигателях (для бурения нефтяных и газовых скважин) с независимой подвеской секций валы турбинных секций и вал шпинделя образуют составной ротор, который взаимодействует с неподвижным статором (рис. 1).

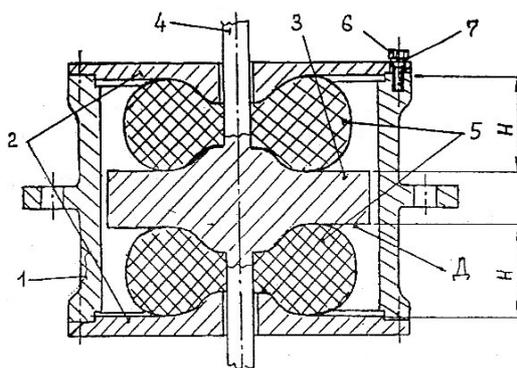


Рис. 1. Виброизолятор

Виброизолятор [3],[4] (рис.2) содержит корпус, состоящий из нижней части 1 и верхней части 2. В отверстие корпуса установлена ось 3 и размещенный между корпусом и осью 3 кольцевой упругий элемент 4. Нижняя часть 1 и верхняя часть 2 корпуса соединены четырьмя винтами.

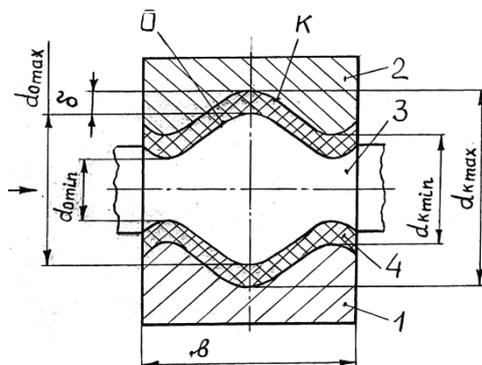


Рис. 2. Виброизолятор

Образующая "К" контактирующих поверхностей корпуса 1-2 и кольцевого упругого элемента 4, а также образующая "О" контактирующих поверхностей оси 3 и кольцевого упругого элемента 4 выполнены в виде одинаковых синусоид. Синусоиды равноудалены друг от друга в радиальном направлении на величину толщины кольцевого упругого элемента 4 и построены для 1,25 основного периода функции. Нижняя часть корпуса может быть, например, жестко закреплена на раме транспортного средства, а ось 3 жестко закреплена на кузове или кабине.

Повышение амортизационных свойств упругого элемента 4 обеспечено принятой формой образующих "О" и "К" контактирующих поверхностей корпуса 1 и 2, кольцевого упругого элемента 4 и оси 3. Синусоидальная форма этих образующих "О" и "К" позволяет виброизолятору воспринимать осевые составляющие нагрузки произвольного направления. От

радиальной составляющей реакции упругий элемент 4 работает на сжатие, одновременно от осевой составляющей реакции он работает на сдвиг.

При действии радиальной нагрузки симметричное расположение указанных образующих по отношению к вертикальной оси симметрии виброизолятора обеспечивает компенсацию возникающих осевых сил.

Виброизолятор [5] (рис.3) имеет рычаги 1 и 2, размещенные по бокам кабины транспортного средства и расположенные параллельно лонжеронам 3 рамы, но направленные в противоположные стороны. Эти рычаги закреплены жестко на концах торсиона 4, который с помощью упругих колец 5 соединен с кронштейнами 6 опор кабины. Рычаги 1 и 2 шарнирно при помощи резинового элемента 7 и болта 8 соединены с вертикальными стойками 9 и 10, которые установлены на лонжеронах 3 рамы посредством упругих элементов 12. Стойки 9 и 10 через не самотормозящую ходовую резьбу сопряжены с кольцом 11.

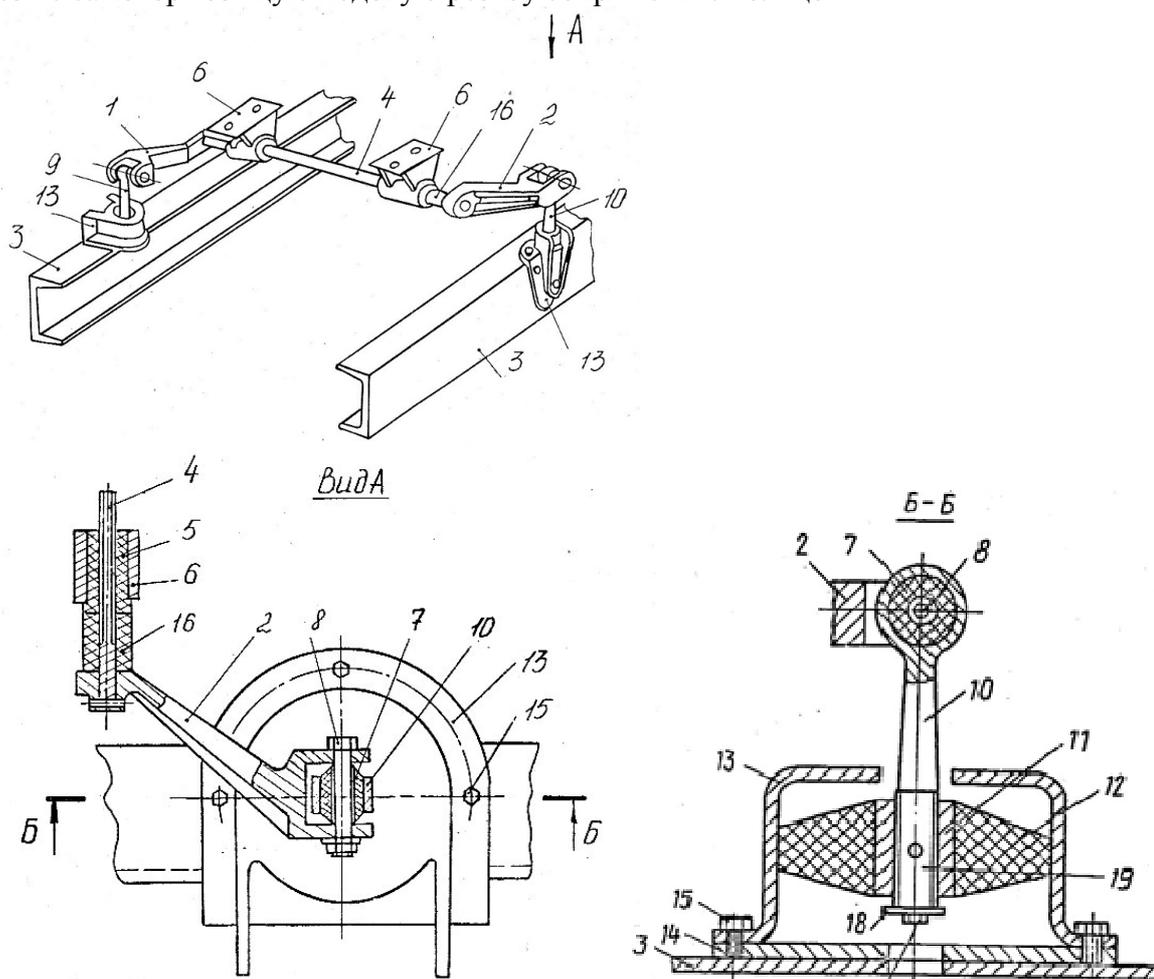


Рис. 3. Виброизолятор

Направление резьбы на стойках 9 и 10 противоположно. Внутренняя и наружная поверхности упругих элементов 12 привулканизированы к цилиндрическим поверхностям соответственно кольца 11 и кронштейна 13 рамы 3.

При вертикальных ударных нагрузках и низкочастотных колебаниях кабины при езде машины по обычным дорогам торсион 4 скручивается, поглощая указанные нагрузки. Высокочастотные колебания кабины, возникающие ввиду неуравновешенности вращающихся масс механизмов на раме, поглощаются при деформации (скручивании и сдвиге) упругих элементов 12.

Для машин и механизмов, работающих на различных режимах, разработаны следующие типы виброизоляторов с принудительно изменяемой жесткостью: с дискретно изменяемой жесткостью; с плавно изменяемой жесткостью и косо поставленными эластомерами; с плавно изменяемой жесткостью с эластомерами, работающими на сжатие-коаксиальное кручение.

Например, у виброизолятора [6], [7] с дискретно изменяемой жесткостью защищаемый от вибрации объект 1 (кабина, кузов) машины (рис. 4), соединен с источником возбуждения вибрации 2 (рамой машины) посредством различных по жесткости упругих элементов 3, 4, 5, и 6. Для работы машины на транспортном или рабочем режиме схему соединения упругих элементов и общую приведенную жесткость виброизоляторов изменяют путем устранения или восстановления жестких связей между упругими элементами. В этих случаях упругие элементы могут быть включены в работу параллельно, последовательно или параллельно-последовательно.

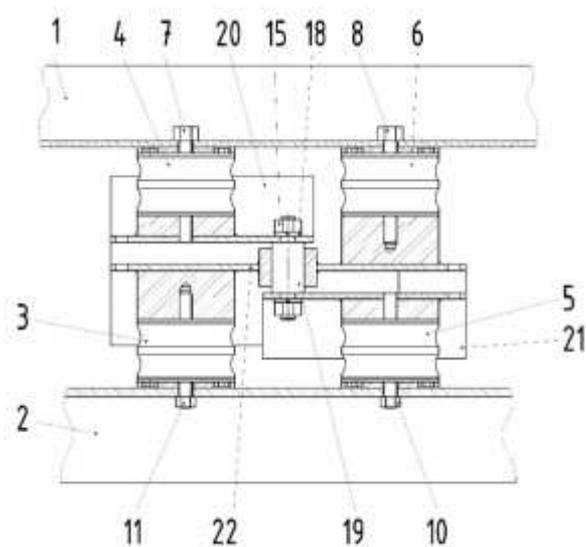


Рис. 4. Виброизолятор с дискретно изменяемой жесткостью

Виброизолятор [8], [9] (рис.5) с принудительно плавно изменяемой жесткостью состоит из двух косо размещённых призматических упругих элементов 4 и 5, привулканизированных к верхним 2 и 3 и нижним 6 и 7 металлическим пластинам и наклоненных под углами ϕ к раме 8 машины. Защищаемый объект 1, являющийся вибрирующим агрегатом при силовом возбуждении или кабиной машины при кинематическом возбуждении, соединен шарнирами В и С с верхними металлическими пластинами 2 и 3 виброизолятора.

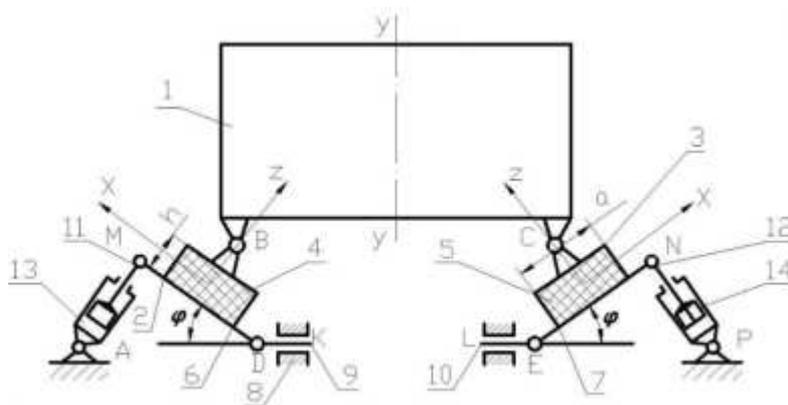


Рис. 5. Виброизолятор с косо поставленными эластомерами

Нижние металлические пластины 6 и 7 с одной стороны в шарнирах D и E соединены с ползунами 9 и 10, входящими в поступательные пары K и L с рамой 8 и в поступательную пару 0 между собой. С другой стороны, нижние металлические пластины 6 и 7 в шарнирах M и N соединены со штоками 11 и 12 гидроцилиндров 13 и 14, соединенных в шарнирах A и P с рамой машины.

Описанные элементы крепления защищаемого объекта 1 на раме 8 машины расположены по разные стороны от оси У – У защищаемого объекта 1 симметрично.

В соответствии с изменением режима работы машины принудительно плавно изменяют жесткость виброизолятора путем изменения углов φ наклона косо размещенных упругих элементов 4 и 5 в интервале значений от 0^0 до 90^0 путем одновременного согласованного перемещения штоков 11 и 12 гидроцилиндров 13 и 14.

Вывод

Предлагаемые конструктивные решения отличаются сложностью, но являются более эффективными в отличии от традиционных, что подтверждено результатами лабораторных и натурных испытаний различных транспортно-технологических машин на полигоне и в научно-исследовательском центре проблем виброакустики в строительном комплексе кафедры строительной техники и инженерной механики.

Библиографический список

1. Устинов, Ю.Ф. Механические колебания и виброакустическая защита транспортно-технологических строительных машин: учеб. пособие / Ю.Ф. Устинов; Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2015. – 239 с.
2. Пат. 2141064, Российская Федерация, МПК 6 F16F 1/36. Амортизатор / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Бочаров В.Н., Чернов М.В., Шаманин Р.С., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т.- №98117829/28, заявл. 29.09.98, опубл. 10.11.99, Бюл. №31. - 5 с.: ил.
3. Пат. 2240451, Российская Федерация, МПК 7 F16F 1/38. Виброизолятор / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Никитин С.А., Кравченко А.А., Дуплищев С.М., Муравьев А.В., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т.- №2002116074, заявл. 18.06.02, опубл. 20.11.04, Бюл. №32. - 3 с.: ил.
4. Пат. 2240248, Российская Федерация, МПК 7 B62D 33/06. Устройство для установки кабины на раме транспортного средства / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Никитин С.А., Покачалов А.С., Дуплищев С.М., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т.- №2002126325, заявл. 02.10.02, опубл. 20.11.04, Бюл. №32. - 3 с.: ил.
5. Авт. свид. 1604653, СССР, МПК 5 B62D 27/04, 33/077. Устройство для крепления кабины на раме транспортного средства / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Фролов И.А., Антипов Л.А., Епифанов В.С., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т. - №4477049/31-11, заявл. 16.08.88, опубл. 07.11.90, Бюл. №41. - 3 с.: ил.
6. Пат. 2310781, Российская Федерация, МПК 7 F16F 15/002, B60G 17/02. Способ виброзащиты мобильных технологических машин / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Жулай В.А., Тимошинов В.Г., Головач К.И., Дрозд А.В., Зеленин Д.А., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т.- №2006102807/11, заявл. 31.01.06, опубл. 20.11.07, Бюл. №32. - 7 с.: ил.
7. Устинов Ю.Ф., Жулай В.А., Муравьев В.А., Тимошинов В.Г., Головач К.И., Дрозд А.В., Зеленин Д.А. Способ виброзащиты мобильных технологических машин / Материалы 12-ой Межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». Научный вестник ВГАСУ, Воронеж, 2009.

8. Пат. 2453746, Российская Федерация, МПК 7 F16F 15/08, F16F 3/08, F16F 1/52. Способ виброзащиты машин / Устинов Ю.Ф., Иванов В.П., Скрынников А.В., Муравьев В.А., Нгуен Лам Хань, Колтаков А.А., заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т.- №2010107651/11, заявл. 02.03.10, опубл. 20.06.12, Бюл. №17. - 9 с.: ил.

9. Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Скрынников А.В., Иванов В.П., Колтаков А.А. Способ виброзащиты машин / Материалы 14-ой Межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». Научный вестник ВГА-СУ, Воронеж, 2011. - С. 220-225.

References

1. Ustinov Yu. F. Mechanical vibrations and vibro-acoustic protection of transport and technological machines and construction: proc. a manual / Yu. F. Ustinov. – Voronezh: Voronezh. state. arch. - building Univ., 2015.-239 С.

2. Pat. 2141064, the Russian Federation, IPC 6 F16F 1/36. Shock / Ustinov Yu. F., Muravyev V.A., Bocharov V.N., Chernov M.V., Shamanin R. S., the applicant and the patentee Voronezh. state. arch. - building Univ.- № 98117829 / 28, appl. 09/29/98, publ. 10.11.99, Bul. №31. - 5 .: ill.

3. Pat. 2240451, the Russian Federation, 7 IPC F16F 1/38. Vibration eliminator / Ustinov Yu. F., Muravyev V.A., Nikitin S.A., Kravchenko A.A., Duplishev S.M., Muravyev A.V., the applicant and the patentee Voronezh. state. arch. - building. Univ.- №2002116074, appl. 06/18/02, publ. 20.11.04, Bul. №32. - 3 p.: ill.

4. Pat. 2240248, the Russian Federation, 7 IPC B62D 33/06. Device for setting the cab on the vehicle frame / Ustinov Yu.F., Muravyev V.A., Nikitin S.A., Pokachalov A.S., Duplishev S.M., the applicant and the patentee Voronezh. state. arch. - building. Univ.- №2002126325, appl. 02/10/02, publ. 20.11.04, Bul. №32. - 3 p.: ill.

5. Auto. Inventor's Certificate. 1604653, USSR, 5 IPC B62D 27/04, 33/077. Device for fixing the cab on the vehicle frame / Ustinov Yu.F., Muravyev V.A., Frolov I.A., Antipov L.A., Epifanov V.S., the applicant and the patentee Voronezh. state. arch. - building Univ.- №4477049 / 31-11, appl. 08/16/88, publ. 07.11.90, Bul. №41. - 3 p.: ill.

6. Pat. 2310781, the Russian Federation, 7 IPC F16F 15/002, B60G 17/02. The method of vibration protection of mobile technology machines / Ustinov Yu.F., Muravyev V.A., Zhulay V.A., Timoshinov V.G., Golovach K.I., Drozd A.V., Zelenin D.A., the applicant and the patentee Voronezh. state. arch. - building Univ.- №2006102807 / 11, appl. 01/31/06, publ. 20.11.07, Bul. №32. - 7 p.: ill.

7. Ustinov Yu.F., Zhulay V.A., Muravyev V.A., Timoshinov V.G., Golovach K.I., Drozd A.V., Zelenin D.A. The process of vibration protection technology of mobile machines / Proceedings of the 12th Inter-regional scientific-practical conference "High technologies in ecology." Scientific Bulletin VGASU, Voronezh, 2009.

8. Pat. 2453746, the Russian Federation, 7 IPC F16F 15/08, F16F 3/08, F16F 1/52. Method of vibration protection of machines / Ustinov Yu.F., Ivanov V.P., Skrynnikov A.V., Muravyev V.A., Nguyen Lam Han, Koltakov AA, the applicant and the patentee Voronezh state. arch. - building Univ.- №2010107651 / 11, appl. 02/03/10, publ. 20.06.12, Bul. №17. - 9 p.: ill.

9. Ustinov Yu. F, Muravyev V.A., Skrynnikov A.V, Ivanov V.P., Koltakov A.A / The method of vibration protection of machines / Proceedings of the 14th Inter-regional scientific-practical conference "High technologies in ecology." Scientific Bulletin VGASU, Voronezh, 2011. - С. 220-225.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 693.55

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, проф. кафедры проектирование
зданий и сооружений им. Н.В. Троицкого
А.Е. Грошев Тел. 8-(952)-951-27-84
Студент группы М-231 О.В. Князева
Россия, г. Воронеж, тел. +7(952)-551-38-05
e-mail: Kniazeva-olga20@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
D.Sc.(Engineer in), Prof. of design buildings
and structures them. N. In. Trinity
A. E. Groshev Тел. 8-(952)-951-27-84
Student of group M-231 O. V. Knyazeva Russia,
Voronezh, tel. +7(952)-551-38-05
e-mail: Kniazeva-olga20@yandex.ru*

А.Е. Грошев, О.В. Князева

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТДЕЛКИ ФАСАДОВ ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ

Функциональные особенности ТРЦ. Виды фасадных систем: вентилируемые фасады, сэндвич-панели заводской готовности, сэндвич-панели поэлементного монтажа, мокрые фасады, фасадные термопанели. Анализ существующих фасадных систем.

Ключевые слова: фасадные системы, сэндвич-панели, крепежные элементы, тепло- и звукоизоляция, вентилируемый фасад.

А.Е. Groshev, A.V. Knyazeva

THE STUDY OF FACADES OF SHOPPING CENTERS

Functional features of the Mall. Façade systems ventilated facades, sandwich panels factory-assembled, the sandwich panels piecemeal Assembly, wet facades, facade thermopanel. Analysis of existing façade systems

Keywords: the façade system, sandwich panels, fastening elements, heat and sound insulation, ventilated facade.

На сегодняшний день проекты торговых комплексов часто включают в себя развлекательную зону, величина которой может занимать до 30% от площади объекта. Это решение позволяет обеспечить максимально быструю окупаемость. Несмотря на то, что развлекательные зоны дают значительно меньшую прибыль, чем торговые, они привлекают множество посетителей. В результате общая сумма выручки значительно увеличивается.

Проект ТРЦ, как и проект многофункциональных комплексов имеет большую инвестиционную привлекательность, чем обычный магазин, и по другим причинам. На сегодняшний день в сегменте заведений, предназначенных для семейного отдыха, достаточно невысокая конкуренция, что также значительно снижает сроки окупаемости. Проект развлекательного центра может включать в себя следующие объекты:

- кафе и рестораны;
- кинотеатры;

- игровые площадки для детей;
- боулинг;
- бильярдную;
- открытые зоны отдыха и многое другое.

Большое разнообразие инфраструктуры позволяет привлечь наибольшее число посетителей.

Проект строительства торгового центра с развлекательными зонами разрабатывается по универсальному принципу. Эти объекты предназначаются для широких кругов клиентов, поскольку определить целевую аудиторию в большинстве случаев невозможно. При этом проектирование ТРЦ осуществляется в рамках определенной концепции. Это позволяет объединить интересы отдельных групп посетителей и обеспечить для них максимально комфортные условия. Проект ТЦ создается с учетом состава арендаторов, ценовой категории товаров и услуг, которые они предлагают, а также ориентировочного количества потребителей каждой отдельной точки продаж.

Виды фасадных систем

Под понятием «фасадная система» подразумевается комплексный подход к отделке наружных стен здания, включающий в себя решения по теплоизоляции, защите от воздействия влаги, ветра, солнечных лучей и обеспечивающий надежность, долговечность и эстетический внешний вид ограждающих конструкций. Все системы, представленные на рынке сегодня можно разделить на две категории: вентилируемые и невентилируемые.

Фасады вентилируемого типа монтируются к несущим конструкциям стенового ограждения при помощи сборного алюминиевого или оцинкованного каркаса. Область их применения – офисные и торговые центры, банки, производственные здания. Элементы невентилируемого фасада крепятся непосредственно к ограждающим конструкциям. Такая технология отделки используется, как правило, для жилых домов. Вентилируемые и невентилируемые фасады, в свою очередь делятся на группы, каждая из которых имеет свои достоинства, недостатки и специфические области применения.

Вентилируемые фасады

В конструкции вентилируемого фасада, называемого также навесным, присутствуют следующие элементы:

- основание (несущая стена или элементы каркаса здания);
- теплоизоляционный слой;
- вентиляционная прослойка;
- наружная отделка сайдингом, ПВХ панелями, профлистом, вагонкой или подобными материалами;
- в некоторых случаях дополнительно применяются паробарьерная пленка, гидроизоляция и ветрозащита.

Наличие вентиляционного зазора предотвращает накопление атмосферной влаги и выходящего из помещения пара в слое теплоизоляции. При этом, учитывая постоянный ток воздуха, в фасадах навесного типа не используются горючие виды утеплителя. Как правило, применяются базальтовые или минераловатные плиты, имеющие группу горючести НГ.

Воздух, движущийся в вентиляционном пространстве, имеет температуру, несколько выше, чем наружный. Благодаря наличию тепловой завесы такая фасадная конструкция отличается высокими показателями энергоэффективности, а несущие стены здания в меньшей степени подвергаются отрицательным воздействиям температурных колебаний и циклов замерзания/оттаивания.

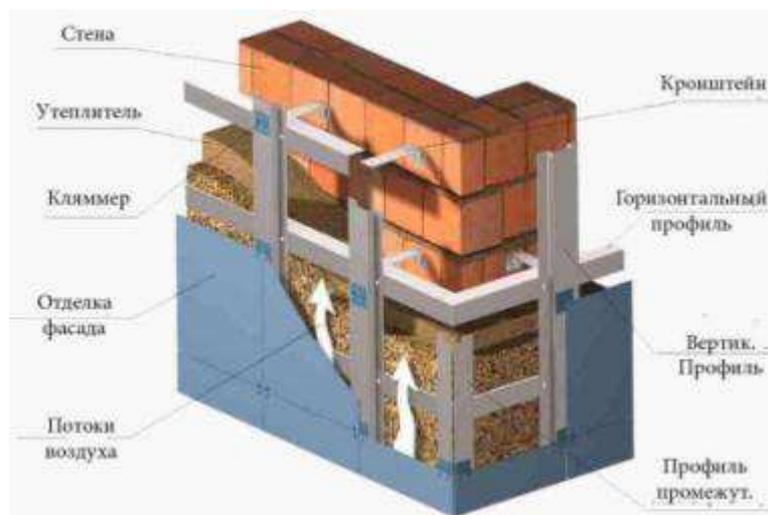


Рис. 1. Схема вентилируемого фасада

Достоинством вентилируемого фасада является быстрый и технологичный монтаж при отсутствии мокрых процессов и связанных с этим проблем (подготовка поверхности стен, замешивание раствора, контроль дозирования ингредиентов, время набора прочности, возможность растрескивания финишного покрытия и т.д.) На рынке представлен широчайший ассортимент отделочных материалов для навесных конструкций, в том числе – имитирующие природный камень, древесину, кирпич. Популярны решения в современном «индустриальном» стиле – алюминиевые композитные панели, металосайдинг, прозрачные материалы.

Недостатки навесных фасадов могут быть обусловлены плохим качеством выполнения работ. Распространенные проблемы – наличие зазоров между облицовочными элементами, скрип, стук, пожароопасность (в случае применения в качестве утеплителя дешевого пенополистирола

В большинстве своем на современном рынке строительства преобладают строения из сэндвич панелей:

- Сэндвич-панелей заводской готовности.
- Сэндвич-панелей поэлементного монтажа («наборной сэндвич»).
- Сэндвич-панели заводской готовности

Сэндвич-панели заводской готовности выгодно отличаются от других современных строительных материалов и конструкций, используемых для возведения стен, благодаря:

- Полной степени заводской готовности, обеспечивающей простой и быстрый монтаж.
- Хорошим теплоизоляционным свойствам благодаря использованию в качестве наполнителя эффективной теплоизоляции (пенополиуретан и базальтовая вата).
- Небольшому весу - соответственно, незначительным нагрузкам на фундамент здания.
- Долговечности и надежности при правильном монтаже.
- Возможности устройства стен при любых погодных условиях и в любое время года.
- Доступной цене.

Сэндвич-панели активно применяются при строительстве быстровозводимых зданий и сооружений различного назначения, включая торговые и логистические центры, промышленные комплексы, холодильные и морозильные камеры, выставочные павильоны, спортивные сооружения, автосалоны, автомойки и др.

Возможны два варианта расположения панелей на стене – вертикальный (рис 3) и горизонтальный (рис 4). К преимуществам вертикального варианта расположения панелей можно отнести возможность раскладки СП по стене без смежных стыков панелей по длине



Рис 3. Сэндвич-панели заводской готовности горизонтальные



Рис 4. Сэндвич-панели заводской готовности вертикальные

(для зданий высотой до 12-13 метров), а также свободный сток атмосферной влаги с поверхности СП. Но такая схема требует применения второстепенной несущей системы из стальных прогонов (профилей типа Z,C), размещенных горизонтально. Реализация горизонтальной схемы расположения панелей часто позволяет обойтись без второстепенной несущей системы, но в этом случае практически не обойтись без стыков панелей по длине.

Каждый из этих вариантов обладает своими достоинствами и ограничениями, поэтому целесообразность применения того или иного варианта определяется индивидуально для каждого проекта с учетом технико-экономических и эстетических требований.

Сэндвич-панели поэлементного монтажа

«Наборной сэндвич» отличается от сэндвич-панелей заводской готовности тем, что элементы такой конструкции монтируются последовательно. Существуют такие варианты наборного сэндвича для устройства стен:

- С использованием второстепенной несущей системы из стальных прогонов (профилей типа Z, C). С применением внутренних стеновых кассет (ВСК).
- Качественно новым этапом развития технологии «наборного сэндвича» и, соответственно, наиболее прогрессивным вариантом является тот, где в качестве основного функционального элемента используются внутренние стеновые кассеты (ВСК). Этот вариант характеризуется целым рядом преимуществ:
 - быстрый монтаж благодаря функциональности и собственно характеристикам ВСК - стеновые кассет
 - сеты одновременно выполняют роль материала внутренней отделки помещений, вспомогательной несущей системы для крепления элементов внешней отделки стен и основы для размещения теплоизоляционного материала.
 - Надежность и прочность конструкции, даже при монтаже ВСК на больших пролетах (расстояние между колоннами может быть до 9 метров).
 - Внутренняя поверхность стены не требует дополнительной облицовки.
 - Нет необходимости в применении паробарьера - его функции выполняет вертикальная стенка ВСК.
 - Возможность устройства звукоизолирующих внутренних стен благодаря использованию перфорированных внутренних стеновых кассет и утеплителя на основе базальтовой ваты (обладающего способностью поглощать звук).

- Возможность использования утеплителей небольшой плотности (мягких).
- Широкая линейка материалов для использования в качестве внешней облицовки.

Оба варианта устройства стен из сэндвич-панелей распространены в современном строительстве, и выбор предпочтительного варианта определяется особенностями проекта и пожеланиями заказчика.

Мокрые фасады

Технология устройства современных неветилируемых фасадов, в отличие от традиционной отделки наружных стен штукатурными известковыми растворами, основана на применении готовых строительных смесей, отличающихся высокой надежностью и долговечностью. Относительная простота выполнения работ и экономичность стали причиной высокой популярности этих фасадных систем. В общем случае мокрый фасад состоит из следующих элементов:

- несущая стена из кирпича, железобетона, газобетонных блоков и других конструкций;
- слой грунта;
- клеевой состав;
- минеральный или синтетический плитный утеплитель (дополнительно фиксируется к стене пластиковыми дюбелями с «зонтиками»);
- базовый штукатурный слой;
- армирующая сетка;
- защитный штукатурный слой;
- декоративный штукатурный слой;
- окраска.

Разновидностью мокрых фасадов являются конструкции с облицовкой клинкером. В этом случае вместо декоративного слоя и окраски на армированную и оштукатуренную поверхность монтируются керамическая плитка. Отделочный материал отличается высокой прочностью, морозостойкостью, низким уровнем водопоглощения и, при этом, имеет широкий диапазон фактурных и цветовых решений. Наибольшей популярностью пользуется отделка фасада клинкером «под кирпич». Также распространена имитация природного камня.

К недостаткам системы мокрых фасадов относятся высокие требования к условиям монтажа (сухая погода, температура от +5°C и выше), необходимость тщательной подготовки поверхности наружных стен здания, наличие определенной квалификации монтажников.

Достоинства мокрых фасадов:

- невысокая стоимость;
- обеспечение нормируемых теплотехнических показателей ограждающих конструкций;
- возможность применения в качестве утеплителя недорогого пенополистирола;



Рис. 5. Схема мокрых фасадов

- срок службы фасада при условии использования фирменного набора материалов одного производителя и соблюдения технологии монтажа может достигать 50 лет;
- классический «аристократичный» вид внешней отделки, отлично подходящий для жилых и общественных зданий;
- ремонтпригодность.

Фасадные термопанели

Термопанели – это готовые конструкции заводского изготовления, представляющие собой слой утеплителя (обычно экструзивный пенополистирол), облицованный клинкерной плиткой под кирпич. Панели крепятся на подготовленную поверхность наружной стены здания сухим способом при помощи дюбелей. При этом вентиляционный зазор между стеной и утеплителем также отсутствует.

Фасадные термопанели – один из самых простых способов отделки, при котором наружные стены здания приобретают вид идеально ровной кирпичной кладки. На рынке представлен широкий выбор цветовых решений материала. Имеются варианты панелей «под природный камень».

Преимущества:

- простой способ монтажа без мокрых процессов и устройства несущего каркаса;
- возможность монтажа при любых погодных условиях;
- термопанель является одновременно и утеплителем и элементом финишной отделки;
- при условии правильного монтажа полностью отсутствуют зазоры и мостики холода;
- легкий вес конструкции;
- наличие готовых блоков для облицовки внутренних и наружных углов здания.

К недостаткам фасадных термопанелей обычно относят их высокую стоимость. Также довольно часто, не желая заниматься подготовкой поверхности наружных стен, исполнитель предлагает выполнить монтаж панелей по металлическому или деревянному каркасу. Такая конструкция относится к фасадам вентилируемого типа, в которых применение горючего утеплителя (а в данном случае – это экструзивный пенополистирол с группой горючести Г3-Г4) не допускается по соображениям пожароопасности.

Анализ рынка отделочных материалов показал, что фасадные системы, которые перечислены выше, являются просто незаменимыми при фасадной облицовке современных зданий: бизнес- и торговых центров, выставочных залов, торговых комплексов, государственных сооружений и иных зданий общественного назначения. На сегодняшний день количество фасадных систем каждого типа исчисляется десятками, если не сотнями разновидностей. От правильного выбора конструкции фасада зависит не только внешний вид здания, но и его конечная стоимость. Целью данной статьи является сравнение фасадных систем. Главными задачами является рассмотрение фасадных систем, выявление их преимуществ. Это самонесущие, теплоизолированные, экономичные конструкции, с помощью которых можно сконструировать и реализовать совершенно разные по концепции и назначению конструкции различной сложности.

Таблица

№	Виды фасадных систем	Материал на 1м ²				Стоимость, руб/м ²
		крепёж	направляющие	утеплитель	наружная отделка	
1	Сэндвич-панели заводской готовности	самонарезающиеся винты или специальные крепежные элементы (клямеры)	второстепенные несущие системы из стальных прогонов (профилей типа Z, C)	минеральная вата, пенополистирол, пенополиуретан,	алюминия, нержавеющей и оцинкованной стали	1242
2	Сэндвич-панели поэлементного монтажа	самонарезающиеся винты	1) С использованием второстепенной несущей системы из стальных прогонов (профилей типа Z, C). 2) С применением внутренних стеновых кассет (ВСК).	стекловолкна, вата из базальтового волокна.	сэндвич панели, фасадные кассеты, профнастил, сайдинг, керамогранит.	1245
3	Мокрые фасады	пластиковые дюбелями с «зонтиками»	-	минеральный или синтетический плитный утеплитель	декоративный штукатурный слой; окраска.	1590

Выводы

В статье рассмотрены несколько видов фасадных систем: традиционный фасад, штукатурный утепленный фасад и вентилируемый фасад, а также выявлены достоинства каждого из фасадов и проведено их сравнение. По результатам сравнения было установлено, что фасадная система выбирается на основе финансовых вложений и технических требований строящегося объекта.

По экономическим показателям выбор в пользу сэндвич-панелей заводской готовности. Однако с эстетической точки зрения и удобства эксплуатации предпочтительнее следует отдать сэндвич-панелей поэлементного монтажа, с отделкой из керамогранита.

Библиографический список

1. Менайлюк А.И. Современные фасадные системы. К.: Изд-во Освита, 2008. 340 с.
2. Гликин С. М. Разработка и совершенствование эффективных ограждающих конструкций // Промышленное и гражданское строительство (ПГС) : Ежемесячный научно-технический и производственный журнал / Российское общество инженеров строительства; Российская инженерная академия. 2004 . №6 . С. 20-21.
3. Король Е. А. Эффективные ограждающие конструкции с высоким уровнем теплозащиты // Промышленное и гражданское строительство (ПГС) : Ежемесячный научно-технический и производственный журнал / Российское общество инженеров строительства; Российская инженерная академия. 2001 . №9 . С. 24-25.

References

1. Meneilyuk, A. I. Sovremennyyefasadnyesistemy. K.: Publishing house Osvita, 2008. 340 p.
2. Glikin S. M. Development and improvement of effective enclosing structures // Industrial and civil construction (PGS) : a Monthly scientific-technical and production journal / Russian society of civil engineers; the Russian engineering Academy. 2004 . No. 6 . S. 20-21.
3. Korol E. A. the Effective cladding structures with a high level teplota-boards // Industrial and civil construction (PGS) : a Monthly scientific-technical and production journal / Russian society of civil engineers.

УДК 692.2(688)

*Воронежский государственный
технический университет
Доцент кафедры проектирования зданий и
сооружений Р.Н. Зорин
Магистр кафедры проектирования зданий и
сооружений
Л.А.А. Нкурунзиза
Россия, г. Воронеж, тел. +7(904) 2-11-38-55
e-mail: kurarthur@yahoo.fr*

*Voronezh State
Technical University
Associate prof. of the designing of buildings and
structures faculty R.N. Zorin
Master of the designing of buildings and struc-
tures faculty
L.A.A. Nkurunziza
Russia, Voronezh, tel. +7 (904) 2-11-38-55
e-mail: kurarthur@yahoo.fr*

Р.Н. Зорин, Л.А.А. Нкурунзиза

ОБЗОР КОНСТРУКТИВНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ В ЖАРКОМ КЛИМАТЕ (НА ПРИМЕРЕ НАМИБИИ)

В статье рассмотрены наружные ограждающие конструкции стены, традиционные и современные.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, кирпичные стены, каменные стены, бетонные стены.

R.N Zorin, L.A.A Nkurunziza

REVIEW OF CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF BUILDING ENVELOPE IN HOT CLIMATES (EG NAMIBIA)

The article discusses the external building envelope walls, traditional and modern.

Keywords: building envelope, brick walls, stone walls, concrete walls.

Строительство в Намибии в настоящее время развивается быстрыми темпами. Используются собственные природные ресурсы, а также опыт соседней страной. Бетон, прессованный пустотный кирпич и природный камень- главные строительные материалы, используемые при возведении зданий. Эти строительные материалы смешивают или используются отдельно друг от друга.

Издавна в Намибии деревнях дома строили из природного камня, обмазывали их смесью глины и пепла. Глина широко использовалась в строительстве многих Намибских городов. Было известно, что эти здания более комфортны для жилья, чем новые железобетонные.

Здания с железобетонным каркасом и стенами из глиняного кирпича показали, что внутренняя температура в таких домах была на (5-6)°C ниже чем температура окружающей среды, в то же время температура внутри здания со стенами из железобетона ниже всего (0,5-1) °C.

В прошлом столетии здания, построенные из глины и кирпича, имели лучше тепло-технические свойства по сравнению со зданиями, построенными из железобетона. Чтобы усилить теплозащитные качества стены, глину смешивали с сухой травой и обмазывали стены этой смесью.

В современном строительстве широко используется железобетон и прессованный пустотный кирпич. Железобетонные колонны передают нагрузку от крыша к основанию, а блоки из этих материалов заполняют промежутки между ними, образуя «стены-заполнения».

Ограждающие конструкции разделяют на внешние (или наружные) и внутренние. Внутренние служат в основном для разделения внутреннего пространства здания и шумоизоляции.

В жарких климатических условиях, одним из ключевых моментов является правильный подбор ограждающих материалов и конструкций. Особое внимание необходимо уделять их физическим свойствам, удельному сопротивлению теплопередачи, теплоемкости. Исследования изменения температуры и влажности воздуха, а также ветровых условий являются исходной информацией при расчете физических параметров, применяемых в условиях жаркого климата ограждающих материалов и конструкций.

Одним из факторов, определяющих физические параметры ограждающих материалов и конструкций, является их теплопроводность. Поэтому, чтобы уменьшить передачу высокой температуры от одной стороны стены к другой, коэффициент теплопроводности должен быть уменьшен. Одним из двух способов: увеличением толщины стены или использованием материалов с более низкой теплопроводностью и более высоким сопротивлением теплопередачи. Изоляция малоплотным материалом или воздушной прослойкой уменьшает теплопроводность.

Рассмотрим ограждающие конструкции, наиболее часто встречающиеся в строительстве Намибии.

Историческая часть города.
Однослойные ограждающие конструкции.
Стены из глины

Состав стены: кладка из глиняного кирпича с глиняном раствором. Для устройства стен этого типа используется высохший на солнце кирпич из глина в качестве раствора. Эта техника очень устарела. Тем не менее, стены этого типа имеют хорошие теплотехнические свойства и являются хорошей изоляцией от погодных условий. Глиняные стены должны постоянно обслуживаться и ремонтироваться, потому что используемый материал очень легок и находится под влиянием внешних воздействий, таких, как солнце, вода.

В настоящее время эта техника используется в малоэтажном строительстве, с устройством внутренней и внешней цементно-песчаные штукатурки для защиты от неблагоприятных внешних воздействий.



Рис. 1. Кладка из глиняного кирпича с глиняном раствором

Стены из дерева

Состав стены: бревна с глиняном растворе. Для устройства стены этого типа используется бревна с глиняном растворе. Такая конструкция в настоящее время не используется как жилая, а для подсобных помещениях.



Рис. 2. Стены из дерева (бревна с глиняном растворе)

Каменные стены

Состав эти стены: камен и глины. В настоящее время: камен и цемент. В такие конструкции часто используется известняк, мрамор, гранит, базальт. Камень- местный, доступный материал. В настоящие время используется кладки на цементно- песчаном растворе. В многие место страны, камни очень доступно и используется в конструкции. Состав эти стены: камен и глины. В настоящее время: камен и цемент.



Рис. 3. Каменные стены

Современные ограждающие конструкция Каменные стены

Такие стены используются в строительстве жилых и общественных зданий. Камень используется для облицовки наружных стен и отделки фасадов зданий. Материалы, используемые в этих стенах (камень, бетон и прессованный пустотный кирпич для внутренних стен и плит).

Бетонные стены

Бетонные стены широко распространены в городах. Бетон является главным материалом используемый для строительства стен. Наружные стены построены из железобетонного слоя 180-250 мм толщиной и с отделкой цементно-песчаной штукатурки с обеих сторон.



Рис. 4. Бетонные стены

Стены из полнотелого обожженного кирпича

Эти стены широко распространены в стране. Они используются в строительстве жилых и общественных зданий. В каркасных зданиях возводятся колонны и перекрытия, кладется кирпич 150-250 мм толщиной, который образует внешние стены.

Здесь полнотельный обожженный кирпич является главным материалом для внешних и внутренних стен, железобетон используется для колон, балок, плит перекрытий и крыш.

Библиографический список

1. Справочник по конструкциям тепло и звукоизоляции. УРСА-инжиниринг-2004.
2. Материалы сайтов:
www.everyculture.com/Ma-Ni/Namibia.html,
www.omeyagolfestate.com/pdfs/admin/Mun/accandarcguid/BldgControl.pdf.

References

1. Directory on designs heat and sound. URSA-engineering-2004.
2. Materials of sites:
www.everyculture.com/Ma-Ni/Namibia.html,
www.omeyagolfestate.com/pdfs/admin/Mun/accandarcguid/BldgControl.pdf.

УДК 692.2(688)

*Воронежский государственный
технический университет
Доцент кафедры проектирования зданий и
сооружений Р.Н. Зорин
Магистр кафедры проектирования зданий и
сооружений
Л.А.А. Нкурунзиза
Россия, г. Воронеж, тел. +7(904) 2-11-38-55
e-mail: kurarthur@yahoo.fr*

*Voronezh State
Technical University
Associate prof. of the designing of buildings and
structures faculty R.N. Zorin
Master of the designing of buildings and struc-
tures faculty
L.A.A. Nkurunziza
Russia, Voronezh, tel. +7 (904) 2-11-38-55
e-mail: kurarthur@yahoo.fr*

Р.Н. Зорин, Л.А.А. Нкурунзиза

КОНСТРУКТИВНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ В ЖАРКОМ КЛИМАТЕ (НА ПРИМЕРЕ НАМИБИИ)

В статье рассмотрены наружные ограждающие конструкции стены.
Подбор слоев ограждающих конструкций.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, каменные стены, бетонные стены, Стены из полнотелого обожженного кирпича.

R.N Zorin, L.A.A Nkurunziza

RESEARCH OF CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF BUILDING ENVELOPE IN HOT CLIMATES (EG NAMIBIA)

The article discusses the external building envelope walls and Selection of
layers walling.

Keywords: building envelope, brick walls, stone walls, concrete walls.

Ограждающие конструкции должны удовлетворяет требования, предъявляемые СП 50-13330-2012 (тепловая защита зданий) по теплоустойчивости для летного периода.

Применение теплоизоляционных материалов в практике строительства Намибии очень редко встречается. Использование теплоизоляционных материалов в новых строящихся зданиях является требованием не только в государственных проектах, но и является требованием жителей, страдающих от дискомфорта внутри зданий и из-за высоких расходов на электроэнергию. Как правило, отопление электрическое. Летом многие жители начинают пользоваться бытовыми кондиционерами, расход электроэнергии в которых также очень большой.

Основываясь на опыте проектирования ограждающих конструкций в России, предлагаются несколько вариантов конструктивных решений стен с использованием эффективной теплоизоляции для условий Намибии, чтобы обеспечить требования, предъявляемые СП 50-13330-2012.

Основными материалами являются бетон, прессованный пустотный кирпич и природный камень. второй очередь это вентилируемый фасад и Сэндвич панели. Материалы для возведения ограждающих конструкций выбираются в зависимости от климатических условий, назначения и капитальности здания, его этажности, от технической и экономической целесообразности.

ности. Ограждающие конструкция которые существуют, были настроено без учета этих факторов.

Проводим анализ этих ограждающих конструкция на теплотехнический расчет на зимние условия и расчет теплоустойчивости в летних условиях и выбираем наиболее эффективно и экономичный.

Теплотехнический расчет.
Каменная стена.
Существующие каменные стены

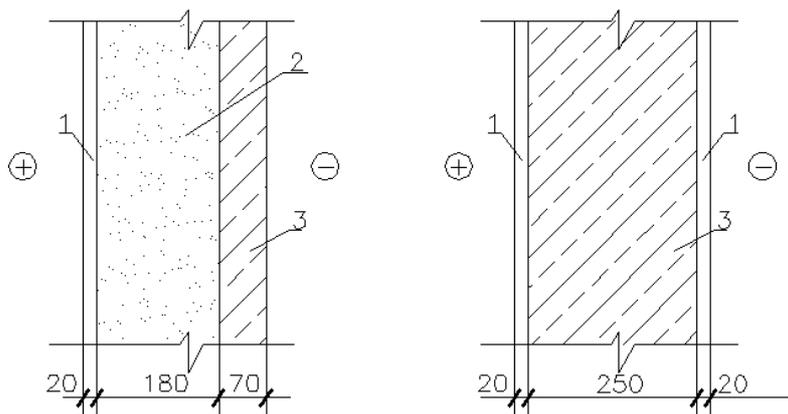


Рис. 1. Каменные стены

1. Штукатурка цементно-песчаная
2. Бетон
3. Известковый камень

$R_0^{np} = 0,354$ (первый вариант)

$R_0^{np} = 0,285$ (второй вариант)

$R_0^{np} \leq R_0^{tp} \leq 1,561 (m^2 \cdot C) / BT$, Условия не выполняются

После технического расчета на зимнего периода, для всех вариантов

$R_0^{np} \geq R_0^{tp} \geq 1,561 (m^2 \cdot C) / BT$, Условия выполняются

Предлагаемые варианты для условия Намибии

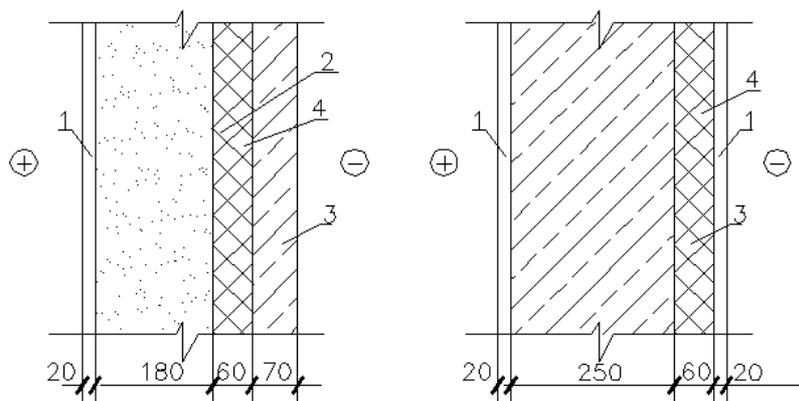


Рис. 2. Предлагаемые каменные стены

$R_0^{np} = 1,687$ (первый вариант)

$$R_0^{np} = 1,618 \text{ (второй вариант)}$$

Бетонная стена.
Существующая каменная стена

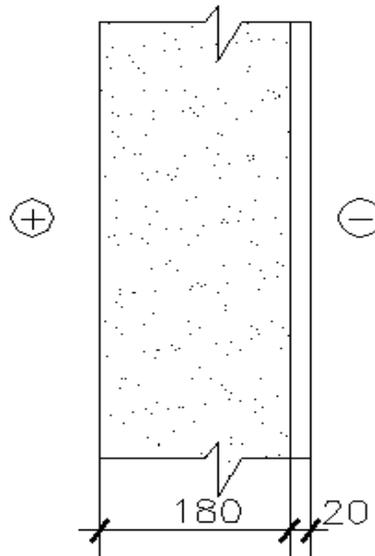


Рис. 3. Бетонная стена

$$R_0^{np} = 0,278$$

$R_0^{np} \leq R_0^{tp} \leq 1,561 \text{ (м}^2\text{°С)/Вт}$, Условия не выполняются

После технического расчета на зимнего периода,

$R_0^{np} \geq R_0^{tp} \geq 1,561 \text{ (м}^2\text{°С)/Вт}$, Условия выполняются

Предлагаемый вариант для условия Намибии:

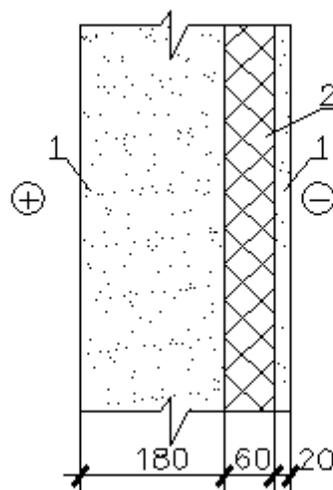


Рис.4. Предлагаемая бетонная стена

1. Бетон
2. Утеплитель

Кирпичная стена
Существующие кирпичные стены

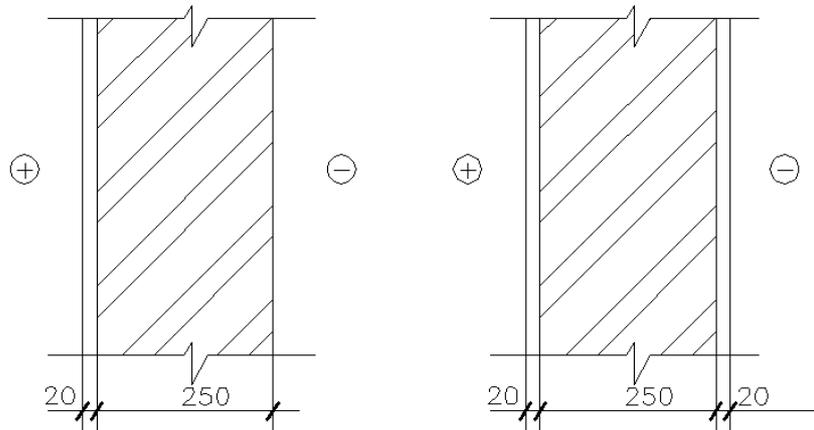


Рис. 5. Кирпичные стены

$R_0^{np} = 0,551$ (первый вариант)

$R_0^{np} = 0,577$ (второй вариант)

$R_0^{np} \leq R_0^{tp} \leq 1.561$ (м²°C)/Вт, Условия не выполняются

После технического расчета на зимнего периода,

$R_0^{np} \geq R_0^{tp} \geq 1.561$ (м²°C)/Вт, Условия выполняются

Предлагаемый вариант для условия Намибии:

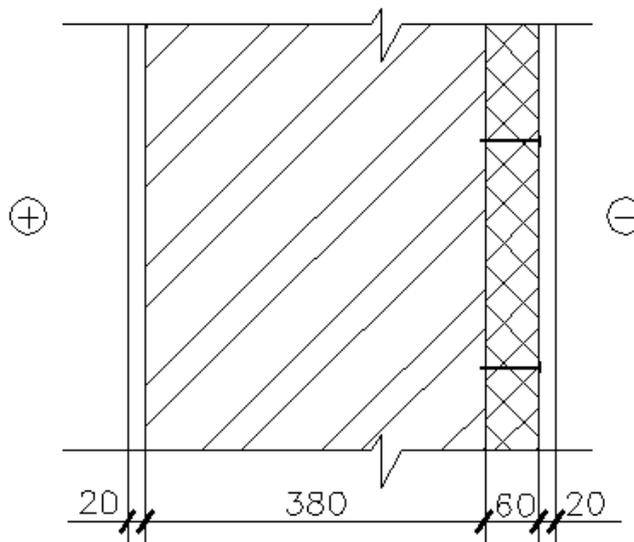


Рис.6. Предлагаемые кирпичные стены

Теплоустойчивости расчет

Проводим анализ теплоустойчивости стен которые выполняют условия теплотехнического расчета

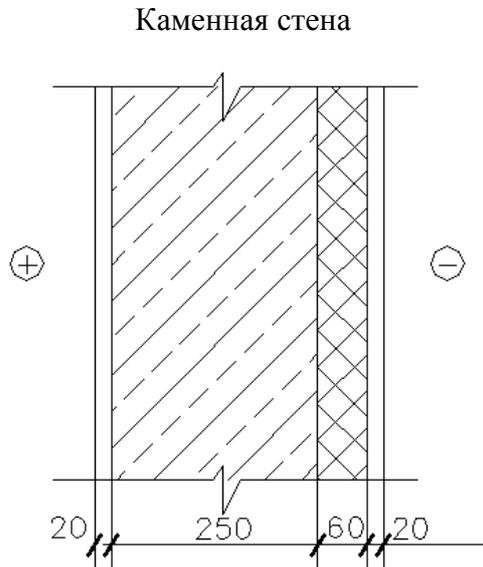


Рис. 7. Каменная стена

$$\sum R=1.4608, R_o^{np} = 1.618$$

$\sum D=2.0258 < 4$, требуется расчет на теплоустойчивость

$A_{\text{тв}}= 0,789 < A_{\text{тв}}^p_{=2,3}$ условия теплоустойчивости выполняется

Бетонная стена

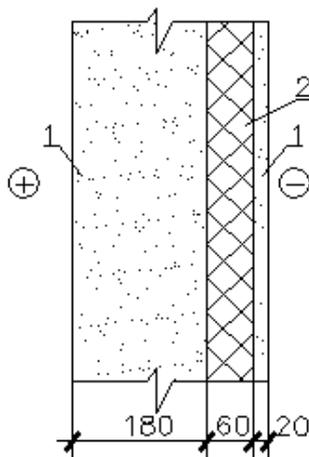


Рис. 8. Бетонная стена

$$\sum R=1.4371, R_o^{np} = 1.595$$

$\sum D=2.578 < 4$, требуется расчет на теплоустойчивость

$A_{\text{тв}}= 0,365 < A_{\text{тв}}^p_{=2,3}$, условия теплоустойчивости выполняется

Кирпичная стена

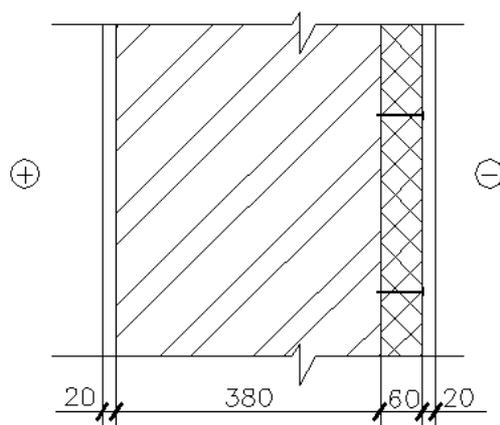


Рис. 9. Кирпичная стена

$$\sum R=1.752, R_o^{np} = 1.595$$

$\sum D=5,233 > 4$, расчет на теплоустойчивость не требуется

Для всех типов конструкция, условия теплоустойчивости выполняется. Строительная промышленность Намибии производит строительные материалы, включая, камень, мрамор, прессованный пустотный кирпич, гравий. Для их производства используют местные и импортируемые материалы. Намибия импортируют большое количество изделий, таких, как цемент, сталь, алюминий и стекло.

С точки зрения стоимость материалов, материалы произведено в Намибии без импортируемых изделий является самым дешевыми, такие как кирпича, камень, мрамор. С учетом теплотехнический расчет, теплоустойчивости расчет и точки зрения стоимость, подходящая ограждающая конструкция является кирпичной стене.

Библиографический список

1. СП 50-13330-2012 Тепловая защита.
2. ГОСТ 54851-2011 Конструкции строительные ограждающие неоднородные.
3. СП 131.13330.2012 Строительная климатология.
4. СП 230.1325800.2015 Конструкции ограждающие зданий.

References

1. SP 50-13330-2012 thermal protection of buildings.
2. Gost 54851-2011 Construction Construction fencing inhomogeneous.
3. SP 131.13330.2012 building climatology.
4. SP 230.1325800.2015 Construction of buildings enclosing.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. технических наук, профессор
кафедры строительных конструкций,
оснований и фундаментов им. Проф. Ю.М.
Борисова П.И.Калугин
Канд. архитектуры, доцент кафедры
жилищно-коммунального хозяйства
Т.В.Михайлова
Магистрант кафедры жилищно-
коммунального хозяйства А.С. Долбилов
тел. +7(909)211-46-39
e-mail: dobiovaalexandr@gmail.com*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of technical Sciences, Professor,
Department of building structures, bases and
foundations of them. Prof. Yu. M. Borisov
P.I. Kalugin
D.Sc.(Architecture), Prof. of housing and
communal services Dept.
T.V. Mikhailova
Undergraduate of housing and communal
services Dept. A.S. Dolbilov .
phone: +7(909)211-46-39
e-mail: dobiovaalexandr@gmail.com*

П.И. Калугин, Т.В. Михайлова, А.С. Долбилов

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ УСЛОВИЙ ДЛЯ РЕГУЛИРУЕМОГО ОТДЫХА И ТУРИЗМА В ПРИГОРОДНЫХ ЗОНАХ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА)

В работе приведен анализ современного состояния рекреационных зон в пригородах города Воронежа. Рассмотрены зарубежные примеры рационального использования бывших производственных зон для формирования зон отдыха со своей уникальной биосферой. Предложены варианты восстановления и развития рекреационных зон в пригородах города.

Ключевые слова: рекреационная зона; зоны отдыха; функциональное зонирование; проектные работы; территориальное планирование; городская застройка; проектное решение; городская инфраструктура, благоустройство.

P.I. Kalugin, T.V. Mikhailova, A.S. Dolbilov

THE PROBLEM OF CREATING CONDITIONS FOR REGULATED TOURISM AND RECREATION IN SUBURBAN ZONES (EXAMPLE OF THE CITY OF VORONEZH).

In the article the analysis of modern state recreation areas in the suburbs of the city of Voronezh. Considered international examples of rational use of former industrial zones for the formation of zones of rest with its unique biosphere. The proposed options for the restoration and development of recreational areas in the suburbs of the city.

Key words: recreation area; recreation Areas; zoning; engineering; spatial planning; urban development; project design; urban infrastructure and landscaping.

XXI век ознаменовался значительным сокращением пригородных рекреационных зон, по сравнению с темпами формирования рекреаций в XX веке.

На это существует ряд причин: постоянно увеличивающееся жилищное строительство, сокращение зеленых массивов за счет различного освоения территорий вблизи городов

(дачное и индивидуальное строительство). Все меньше остается мест для создания новых рекреаций в границах города и его пригородов. Неизменными остаются особо охраняемые территории: реки, озера, заповедники, национальные парки, заповедники и парки регионального значения, но качество их «существования» заметно ухудшается.

Город- это динамическая система, которая меняется с течением времени: жилая застройка по периметру города и его пригородам растет, создается новая жилая среда. Город должен отвечать современным требованиям и его постоянный рост должен предусматривать удовлетворение не только аспектов жилья, транспорта, работы, но и отдыха населения [4,5]. Зоны отдыха испытывают постоянный «прессинг», в виду использования и выведения пригодных территорий в перечень территорий, которые будут застраиваться жилыми и офисными зданиями с соответствующей инфраструктурой.

По ряда причин, становится актуальным решение вопросов об освоении новых и использовании уже сложившихся территорий в пригородах крупных и крупнейших городов для создания рекреаций и рекреационных зон.

Традиционно, в середине 20 века, по периферии городов формировались “кольца” из гаражных кооперативов, автомобильных стоянок и значительные территории отдавались под индивидуальную (дачную) застройку. Пригородные территории часто использовались в промышленных целях - вокруг агломераций менялся природный ландшафт для нужд производства: карьеры строительных песков, озера- отстойники, промышленные предприятия и энергетические комплексы.

Воронеж является типичным представителем городов, переживших эпоху индустриализации и урбанизации в XX веке. На данный момент, в его пригородах находится достаточное количество территорий, которые могут быть реконструированы или трансформированы в новые рекреационные объекты, отвечающие не только современным требованиям и стандартам, но и отличающиеся оригинальностью использования этих территорий. Рекреационные зоны могут образовываться не только в традиционных местах: заказниках, заповедниках, в лесных поймах рек, но и на месте бывших индустриальных и сельскохозяйственных районов.

Новые подходы к созданию рекреаций без колоссальных работ по благоустройству промышленных территорий были разработаны еще в середине XX века в Европе. Эти разработки и по сей день являются актуальными и применяются по всему миру. Например, в пригороде Шанхая, в одной из индустриальных зон, где располагалась промышленная территория, принадлежавшая металлургическому заводу, верфям и некоторым другим предприятиям, индустриальная структура превратилась в современный ландшафтно-рекреационный парк, который является не только новым и важным градостроительным элементом, но и выполняет экологическую, защитную функцию. Такие парки превращаются в прибыльные туристические зоны. На месте бывшей производственной зоны образован парк со своей уникальной биосферой, которая очищает естественным путем загрязненную реку. Этот опыт в зарубежной практике формирования рекреационных зон на непригодных территориях далеко не единственный. Существуют воплощенные в жизнь такие проекты как: Ландшафтный парк Duisburg-Nord на территории старого сталелитейного завода Мейдерих в Дуйсбурге, основанного в 1985 году; в Италии подобный проект носит название Nuovo Portello — это жилые и офисные здания, торговый центр и ландшафтный парк, расположенный на территории завода некогда крупного автомобильного предприятия Alfa Romeo, суммарная площадь этой зоны около 40 га.

Мировой опыт доказывает, что создание подобных рекреаций на принципиально новых территориях, несет в себе яркую градостроительную ценность, новаторский подход и привлечение новых инвестиций в регион. Решаются и задачи формирования новых зон в черте города или в пригородной существующей застройке без значительных капитальных вложений на создание новой инфраструктуры.

Правительство страны и Воронежской области наметили ряд мероприятий по формированию охраняемых территорий, выделение которых позволит освоить и благоустроить городские и пригородные зоны не только как зоны отдыха, но и как туристические. [1.2.3]. В Воронеже есть подобные места для создания новых ландшафтно-рекреационных зон [6]. В настоящее время единственным направлением развития пригородной зоны Воронежа является северо-восточное. Здесь размещается спортивная база «Олимпик» и несколько баз отдыха на левом берегу Воронежского водохранилища, расположенных около бывшего кордона «Маклок».

Рекреации в пределах города также как и в пригородах, неуклонно сокращаются. Это и лесопарковая зона у больницы «Электроника», и фруктовый сад вдоль Московского проспекта, и хвойные посадки вдоль Воронежского водохранилища на левом берегу города. Населению Воронежа все труднее находить места для проведения досуга. Необходимо строительство новых, многофункциональных и современных зон отдыха.

В пригородах Воронежа есть несколько таких мест, в которых можно восстанавливать существующие или развивать новые, современные рекреационные комплексы с включением в них досуговых и спортивных центров, ландшафтных парков, отвечающих современным требованиям (см. рис).



Рис. Современное состояние сооружений бывшего спортивного лагеря в микрорайоне «Шилово»

В южной части города находится недостроенный объект ВАСТ - Воронежская атомная станция. Правительство Воронежской области выдало разрешения на торги за участок. Архитекторами города были предложены различные варианты развития этого комплекса: университетский кампус, дорожная развязка, “кремниевая долина”. Участок имеет площадь около 48га и ограничен воронежским водохранилищем с севера, с юга - находятся лесные массивы, а с востока примыкает магистраль районного значения. Данный объект имеет яркую ландшафтную выразительность, что позволяет создать ландшафтно- рекреационный парк городского значения. Расширение жилой застройки микрорайона «Шилово» и

увеличение объемов возводимого жилья, заставляет градостроителей искать новые решения для создания зон отдыха. Большие террасы, с крутыми уклонами, спускающимися к воронежскому водохранилищу и окружающие лиственные леса, делают это место очень живописным, что привлечет сюда много отдыхающих. Этот район имеет и исторические корни: в его северной части находятся остатки часовни постройки конца XIX века, там же расположен памятник ВОВ “Шиловский плацдарм”. Мемориальный комплекс может стать частью программы патриотического воспитания населения. Старые здания складских помещений, купол ВАСТ придадут этому центру отдыха определенную выразительность и могут быть преобразованы под общественные пространства для проведения массовых мероприятий, занятий спортом, прогулок и т.д. В зимнее время рельеф местности позволит прокладывать лыжные трассы, трассы для сноубординга и тюбинга.

Готовая инфраструктура данной территории, ее выразительность делает ее одним из самых привлекательных мест для развития современных мест отдыха жителей города и его гостей.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 26.12.15 года № 2720-р «Об утверждении плана основных мероприятий по проведению в 2017 году в Российской Федерации Года особо охраняемых территорий».

2. Постановление администрации городского округа город Воронеж от 02.03.2016 № 105.

3. Закон Воронежской области №114-03 от 20.11.2011.г. «О стратегии социально-экономического развития Воронежской области на долгосрочную перспективу», принят областной Думой 23 июня 2010 года.

4. СП 42.13330.2011. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. - М., 2011.-80 с.

5. Справочник проектировщика. Градостроительство/ под общей ред. Проф. В.И.Белуосова, – М., Стройиздат, 1978,367с.

6. Комплексное развитие инженерной инфраструктуры туристического маршрута «Старый Воронеж» в городском округе Воронеж, Журнал «Градостроительство», М – 2014. – № 5.

References

1. The decree of the RF Government from 26.12.15, No. 2720-R "On approval of the plan of major events to be held in 2017 in the Russian Federation Year of especially protected territories".

2. The resolution of administration of city district the city of Voronezh from 02.03.2016 No. 105.

3. The law of Voronezh oblast # 114-03 from 20.11.2011.g. "On the strategy of socio-economic development of Voronezh region for the long term", adopted by the regional Duma on 23 June 2010.

4. SP 42.13330.2011. A set of rules. The urban development. The planning and construction of urban and rural settlements. The updated edition SNiP 2.07.01-89*. - M., 2011.-80 p.

5. Directory of designer. Urban planning/ ed. Prof. V. I. Belousova, M., Stroyizdat, 1978,367 S.

6. Complex development of engineering infrastructure of the tourist route "Old Voronezh" in the city district of Voronezh, the Journal "town planning", M – 2014. – No. 5.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. технических наук, профессор кафедры
строительных конструкций, оснований и
фундаментов им. проф. Ю.М. Борисова
П.И. Калугин;
магистрант Д.А. Пятигор
Россия, г. Воронеж, тел. +7(4732)71-83-20
e-mail: romanu36@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of technical Sciences, Professor, De-
partment of building structures, bases and
foundations of them. prof. Yu. M. Borisov
P.I. Kalugin;
Student Pyatigor D. A.
Russia, Voronezh, tel. +7(4732)71-83-20
e-mail: romanu36@yandex.ru*

П.И. Калугин, Д.А. Пятигор

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

Рассмотрены процессы, происходящие в грунтах оснований после реконструкции зданий. Отмечено, что рост дополнительного давления под подошвой фундамента при надстройке этажей вызывает изменения физико-механических свойств грунтов оснований. Наблюдается концентрация вертикальных напряжений вдоль оси фундаментов и их рост по глубине сжимаемой толщи, что вызывает дополнительный рост осадки. Контактные давления трансформируются в зависимости от величины дополнительного давления.

Ключевые слова: повторнонагружение, дополнительные давления, деформация грунта, сжимаемая толщина, осадка.

P.I. Kalugin, D.A. Pyatigor

FEATURES OF WORK OF SOIL OF FOUNDATIONS OF THE BASES AFTER RECONSTRUCTION OF BUILDINGS

The processes happening in soil of the bases after reconstruction of buildings are considered. It is noted that growth of additional pressure under a base sole at a superstructure of floors causes changes of physicommechanical properties of soil of the bases. Concentration of vertical tension along an axis of the bases and their growth on depth of the compressed thickness is observed that causes the additional growth of draft. Contact pressure are transformed depending on the size of additional pressure.

Keywords: repeated loading, additional pressure, soil deformation, the compressed thickness, draft.

Реконструкция эксплуатируемых зданий практически всегда связана с повышением нагрузки на грунтовые основания. При надстройке зданий дополнительная нагрузка может превышать существующую на 30-50%. Рост нагрузки ведет к увеличению среднего давления на грунты оснований под подошвой фундаментов. Это давление увеличивается неравномерно не только для зданий одинаковой этажности, надстраиваемых разным числом этажей, но и для зданий различной этажности, надстраиваемых одинаковым числом этажей.

Однако экспериментальных данных об изменении физико-химических свойств, контактных давлений и напряженно-деформированного состояния грунтов после реконструкции

зданий пока мало. А для проектирования реконструкции зданий такие исходные данные необходимы. Их обычно получают при выполнении специальных исследований закономерностей изменения свойств грунтов в основаниях фундаментов-штампов после их частичной разгрузки и повторного нагружения.

Анализ поведения грунтов оснований после надстройки зданий выявил, что приращение давления Δp на основания от надстройки одного этажа составляет 25-30%. При надстройке двух этажей приращение давления на грунты основания Δp составляет 35-42%.

Возрастание давления при надстройке в зависимости от изменения первоначальной высоты здания H можно представить зависимостью $\Delta p = f(H'/H)$, где H' – высота здания после надстройки. Установлено также, что надстройка одного этажа в 1-2 – этажных зданиях дает большее приращение давления Δp по сравнению с надстройкой 4-5 – этажных зданий.

Следовательно, величина приращения давления при надстройке этажей зависит в основном от этажности надстраиваемого здания. Так при увеличении высоты надстраиваемого здания до 30% среднее давление увеличивается примерно на 20%, а при увеличении высоты до 50% среднее давление повышается до 40-50%. Выявлено также, что значения приращения давления при надстройках для различных грунтов близки. Отмечена значительная неравномерность давления на грунтах под различными участками реконструируемых зданий. Какие-либо закономерности изменения неравномерных давлений до и после надстройки не выявлены. Конструктивная схема зданий после надстройки существенно не изменяется [1].

Немногочисленные экспериментальные исследования, изменения физико-механических свойств грунтов, выполненные на фундаментах-штампах после их вторичной загрузки, позволили установить следующее [2]. В пределах глубины сжимаемой толщи основания фундаментов выявлено незначительное увеличение плотности и влажности грунтов, которое не превышает 2-3%. Изменение прочностных и деформационных характеристик грунтов оснований не превышает 7-10%. Удельное сцепление в нижней части сжимаемой толщи практически не изменяется. Так же не изменяется после повторного нагружения штампа угол внутреннего трения. Небольшой рост зафиксирован у модуля общей деформации – до 15%. При дополнительных нагрузках, соответствующих надстройке 1-2 этажей расчетное сопротивление грунтов оснований увеличивается до 10%. Отмечен незначительный рост сжимаемой толщи.

При частичной разгрузке штампов напряжённое состояние грунтов основания изменяется по сравнению с напряженным состоянием, которое было при первичном нагружении. Измеренные при частичной разгрузке контактные давления не соответствуют давлениям, которые были при первичном нагружении при том же давлении под подошвой штампа-фундамента.

Это объясняется появлением остаточного напряженного состояния в грунтах основания. При повторном нагружении штампа трансформация эпюр контактных давлений усиливается по сравнению с эпюрами при его первичном нагружении. В процессе увеличения нагрузки седлообразные эпюры контактных давлений выполаживаются и становятся полого седлообразными. Более значительная трансформация контактных давлений наблюдается в грунтах с более высокой влажностью.

При действии внецентренной нагрузки форма эпюр контактных давлений в зависимости от эксцентриситета приложения нагрузки близка к треугольной и трапециевидной.

Рост давления на основание при его повторном нагружении приводит к увеличению сжимаемой толщи H_c под подошвой фундамента. При значительных значениях приращения давления Δp это увеличение приводит к появлению дополнительных деформаций основания. При надстройке 1-2 этажей сжимаемая толщина увеличивается незначительно. Её размеры зависят от структуры грунта, величины приложенной нагрузки, влажности и плотности сложения грунта. Однако основным фактором, влияющим на величину сжимаемой толщи, является сжимаемость грунтов. Чем больше сжимаемость, тем больше величина деформируемой зоны основания. Практически всегда дополнительные деформации основания при надстройке здания не достигают предельных значения. Осадки основания от нагрузки вторичного на-

гружения стабилизируются быстро и обычно меньше расчетных. Абсолютные осадки надстраиваемых зданий не превышают 1,5-2 см. Дополнительные осадки, вызванные надстройкой 4-5 этажных зданий составляют около 15% существующих осадок до реконструкции. Относительные деформации грунтов оснований после надстройки близки к предельно допустимым. Однако основным фактором при реконструкции зданий является неравномерность осадок, которая увеличивается при надстройке. Максимальная разность осадок фундаментов зависит от средней осадки здания. С ростом средней осадки разность осадки увеличивается и стремится к своей предельной величине, определяемой жесткостью здания. При этом неравномерность деформаций основания по длине здания имеет тот же характер, что и до реконструкции. Для зданий на песчаных фундаментах характерен «выгиб», для зданий на глинистых грунтах – «прогиб». При определении нового давления на основание после надстройки необходимо учитывать неравномерность осадок до реконструкции и возможность их увеличения после реконструкции здания.

Одновременно с этим фиксируется появление дополнительных деформаций рядом расположенных зданий в результате их взаимного влияния. Наблюдения за осадками зданий окружающей застройки выявили, что величины этих осадок на плотных грунтах незначительны и они затухают быстро.

Если сжимаемость грунтов оснований с глубиной резко увеличивается, то влияние реконструируемых фундаментов существенно влияет на развитие неравномерных деформаций оснований фундаментов зданий окружающей застройки. Нормы рекомендуют ограничивать радиус зоны влияния реконструируемого здания расстоянием, при котором значения дополнительной осадки основания существующего здания не превышают 1 мм.

Прогноз дополнительных осадок оснований после надстройки рекомендуется выполнять с расчетом в 2 этапа.

Первый этап – расчет исходной осадки до реконструкции с учетом напряженно-деформированного состояния основания;

Второй этап – определение дополнительной осадки S_{ad} основания фундамента после надстройки здания, исходя из условия

$$S_{ad} \leq S_{ad,u}, \quad (1)$$

где S_{ad} - дополнительная осадка основания фундамента от дополнительной нагрузки при надстройке здания;

$S_{ad,u}$ - предельные значения дополнительной осадки основания фундамента, устанавливаемое при проектировании реконструкции в соответствии с категорией технического состояния здания.

За предельную дополнительную осадку $S_{ad,u}$, принимается максимальная осадка здания, при которой в его конструкциях появляются повреждения.

Напряжения от дополнительной нагрузки $\bar{\sigma}_{zp}$ можно определить из условия

$$\bar{\sigma}_{zp} = \sigma_{zp,em} - \sigma_{zp,np}, \quad (2)$$

где $\sigma_{zp,вт}$ и $\sigma_{zp,пр}$ - экспериментальноустановленные вертикальные напряжения в рассматриваемых точках основания, соответственно при первичном и вторичном его нагружениях.

Для надстраиваемых зданий, деформации оснований которых стабилизировались за период эксплуатации, осадку определяют от действия только дополнительной нагрузки.

Если же деформации основания реконструируемого здания не стабилизировались, осадку определяют от суммарного действия как ранее существующих, так и дополнительных нагрузок на фундаменты от надстройки.

Величины уплотненной зоны грунта в основании от дополнительной нагрузки учитывают, вводя в расчет осадки значение модуля деформации, определяемого при обследовании грунтов основания эксплуатируемого здания по глубине сжимаемой толщи.

Известно, что надстройка зданий увеличивает их конструктивную жесткость, зависящую от соотношения длины здания L и высоты продольной стены H , что позволяет увеличить среднее давление p на основание здания, уменьшить чувствительность к неравномерной осадке и повысить предельную среднюю осадку. Изменение жесткости здания влечет за собой увеличение расчетного сопротивления грунтов основания на 10-18%. Увеличение среднего давления их основания от надстройки зачастую приводит к изменению дополнительного давления на уровне слабого подстилающего слоя при его наличии в пределах новой сжимаемой толщи. В этом случае следует выяснить влияние этого слоя на деформацию основания здания. Необходимо, чтобы для суммарного напряжения σ_z обеспечивалось условие

$$\sigma_z = (\sigma'_{zp} - \sigma_{z\gamma}) + \sigma_{zg} \leq R_z, \quad (3)$$

где σ'_{zp} - новое дополнительное давление на кровлю подстилающего слоя, вызванное нагрузкой от надстройки при реконструкции;

R_z - расчетное сопротивление грунта пониженной прочности для условного фундамента.

СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». Актуализированная редакция СНиП 2.02.01 – 83 [3] изменил критерий определения глубины сжимаемой толщи, заложенный в СНиП 2.02.01 – 83*. Теперь нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $Z=H_c$, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5\sigma_{zg}$. При этом глубина сжимаемой толщи не должна быть меньше H_{min} , равной $b/2$ при $b \leq 10$ м, $(4+0,1b)$ при $10 < b \leq 60$ м и 10 м при $b > 60$ м (b – ширина подошвы фундамента). Если в пределах глубины H_c , найденном по указанным выше условиям, залегает слой грунта с модулем деформации $E > 100$ МПа, сжимаемую толщину допускается принимать до кровли этого слоя. Если нижняя граница сжимаемой толщи H_c находится в слое грунта с модулем деформации $E \leq 7$ МПа или такой слой залегает непосредственно ниже глубины $Z=H_c$, то этот слой включается в сжимаемую толщину, а за H_c принимают глубину, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}$.

Таким образом, разработчики свода правил [3] учли несоответствие прежнего критерия нижней границы сжимаемой толщи ($\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}$ для плотных грунтов), который не отражал фактическую картину напряженно-деформированного состояния основания.

Экспериментальные исследования грунтов штампами – фундаментами выявили, что при разгрузке основания под фундаментом сохраняется остаточное напряженное состояние, сформированное за счет уплотнения грунтов при их первичном нагружении, которое не возвращается в исходное положение. При повторном нагружении происходит увеличение концентрации вертикальных и горизонтальных напряжений под фундаментом по сравнению с напряжениями, полученными при первичном нагружении оснований [4].

Дополнительная концентрация вертикальных напряжений вдоль центральной оси фундамента приводит к появлению приращений осадки основания по сравнению с осадкой, полученной во время разгрузки основания. Выявлено, что за счет перераспределения напряжений в пределах глубины сжимаемой толщи основания, ее контуры изменяются по сравнению с контурами, полученными при первичном нагружении.

Вертикальные напряжения σ_z при повторном нагружении увеличиваются по глубине по сравнению с первичными и концентрируются вдоль центральной оси фундамента в пределах глубины до 1,5-2 диаметров штампа. Изобары вертикальных напряжений σ_z при повторном нагружении становятся более вытянутыми по глубине. Нижняя граница сжимаемой толщи смещается вниз на незначительную глубину [5].

Экспериментами также установлено, что горизонтальные перемещения грунта имеют бочкообразные распределения по мере увеличения нагрузки. Максимальные значения перемещений смещаются по глубине основания и составляют 12-15% от осадки фундамента.

Если за нижнюю границу сжимаемой толщи основания принять глубину, где напряжение $\sigma_z = 0,1p_0$, то при разгрузке и повторном нагружении глубина сжимаемой толщи основания составляет 1,3-1,4 диаметра штампа. При среднем давлении на основание $p = 200$ кПа при повтор-

ном нагружении рост вертикальных напряжений на глубине $Z=0,5D$ (D – диаметр штампа) при повторном нагружении составляет примерно 8%, а на глубине $Z = D$ – 7%.

Линии равных вертикальных и горизонтальных напряжений σ_z и σ_r при разгрузке и повторном нагружении показывают, что за счет перераспределения напряжений в пределах сжимаемой толщи ее контуры изменяются по сравнению с контурами при первичном нагружении. Обобщение имеющихся результатов экспериментальных исследований напряженного состояния грунтов в основаниях фундаментов – штампов при повторном нагружении в интервале внешних давлений, не превышающих расчетное сопротивление грунтов основания R , вполне согласуются с решениями линейно-деформируемой среды.

При проектировании оснований и фундаментов реконструируемых зданий, расположенных на застроенной территории, необходимо выполнять геотехнический прогноз влияния реконструкции на изменение напряженно-деформированного состояния грунтов основания реконструируемого здания и окружающего грунтового массива, в том числе оснований зданий окружающей застройки. Геотехнический прогноз необходимо выполнять с учетом частичной разгрузки основания и дополнительной нагрузки от реконструируемого здания, изменения уровня подземных вод и других факторов, вызвавших рост дополнительных деформаций оснований фундаментов реконструируемого здания и зданий окружающей застройки. В результате геотехнического прогноза необходимо определить особенности работы грунтов основания после реконструкции здания, значения дополнительных деформаций оснований и фундаментов зданий окружающей застройки и возможные изменения физико-механических свойств грунтов в процессе реконструкции и эксплуатации здания.

Библиографический список

1. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. М.: 2000.–318с.
2. Полищук А.И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий. Нортхэмптон, Томск, 2004. – 472 с.
3. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01 – 84* М:2011.
4. Довнарочич С. В., Тепляков А. А. Напряжения в основании под жёстким и гибким фундаментами при первичном и вторичном нагружениях.// Основания, фундаменты и механика грунтов.-М., 1987, №1, 29-31с .
5. Полищук А.И. Экспериментальные исследования распределения напряжений в основании моделей фундаментов для условий реконструкции зданий.// Геотехника – 99: Материалы международной научной – практической конференции. – Пенза, 1999. – 113-115с.

References

1. Konovalov P.A. The bases and the foundation of reconstructed buildings. M.:2000.-318sec .
2. Polischuk A.I. The basis of designing and the arrangement of foundations of reconstructed buildings. Northampton, Tomsk, 2004. – 472 sec.
3. СП 22.13330.2011 Foundations of buildings and constructions. The staticized editorial office СНиП 2.02.01 – 84* М:2011.
4. Dovnarovich S.V., Teplyakov A. A. Napryazheniyavosnovaniipodzhyostkimigibkimfundamentamipripervichnomivtorichnomnagruzheniyakh.// Osnovaniya, fundamentiymekhanikagrunto. // Bases, foundations and soil mechanics.-M., 1987, № 1, 29-31 sec.
5. Polischuk A.I. Pilot studies of distribution of tension in the basis of models of the bases for reconstruction conditions зданий.//Geotechnics – 99: Materials of the international scientific – a practical conference. – Penza, 1999. – 113-115 sec.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691.5

Воронежский государственный технический университет;
аспирант кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов имени профессора Ю.М. Борисова А.А. Абраменко
Россия, г. Воронеж, тел. +7(980)5598015;
e-mail: abramenko_aa@mail.ru

Voronezh state technical University;
postgraduate student of the Department of building structures, bases and foundations named after Professor Yu. M. Borisov A. A. Abramenko
Russia, Voronezh, tel. +7(980)5598015;
e-mail: abramenko_aa@mail.ru

А.А. Абраменко

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ФОСФОГИПСА

В рамках исследования технологии переработки фосфогипса в строительные материалы возникает вопрос подбора рационального состава сырьевой смеси. Экономический эффект достигается за счет использования дешевых, легкодоступных материалов аналогов. Ранее получен патент на состав, включающий в себя 60 % фосфогипса, 30 % песка, 10 % извести. В данной статье рассматривается возможность замены одного из составляющих – песка на супесь.

Ключевые слова: фосфогипс, супесь, безобжиговая технология, строительные материалы, прочность материала.

A.A. Abramenko

BUILDING MATERIALS BASED ON PHOSPHOGYPSUM

In the study, the technology of processing phosphogypsum in building materials, the question arises of the selection of rational composition of the raw mix. The economic effect is achieved through the use of cheap, readily available materials counterparts. Previously obtained a patent for the composition that includes 60 % phosphogypsum, 30 % sand, 10% lime. This article discusses the possibility of replacing one of the components – sand to sandy loam.

Keywords: phosphogypsum, sandy loam, non-fired technology, building materials, the strength of the material.

В работе решаются проблемы утилизации крупнотоннажных техногенных отходов производства серной кислоты – фосфогипса дигидрата, отвалы которого составляют 170 млн. т, получение строительных материалов и изделий на их основе по безобжиговой технологии за счет внутренних энергетических резервов дисперсных материалов.

В качестве исходного направления по утилизации фосфогипса принято использование его в производстве гипсовых материалов, так как в составе фосфогипса порядка 96 % – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, основные примеси – фосфорная кислота (H_3PO_4), плавиковая кислота (HF) и серная кислота H_2SO_4 . Технология безобжиговых бесцементных строительных материалов

на основе фосфогипса построена на представлении механизма взаимосвязи свободной поверхностной энергии дисперсных систем с толщиной водной пленки, времени активной жизни, активного состояния поверхности дисперсных материалов. Понимание механизмов в дисперсных системах позволяет управлять процессами структурообразования с целью получения дешевых строительных материалов. [1 – 5].

Технология получения водостойкого строительного материала на основе фосфогипса дигидрата основывается на механогидрохимической активации, которая проводится в смесителе. Это позволяет переходить к этапу формовки в рамках «времени активной жизни» смеси. Если после формовки смесь прессуется, происходит вторичная термодинамическая дестабилизация, что дополнительно стимулирует переупаковку частиц. Прочность получаемого изделия находится в прямой зависимости от прикладываемого давления [1 – 5]. Данная технология не требует создания нового оборудования, поскольку прессование переработанной смеси может осуществляться на заводах по производству силикатного кирпича, а также на оборудовании, предназначенном для производства кирпича типа «lego».

Введение в смесь извести с последующим ее гашением обеспечивает химическую активацию фосфогипса, нейтрализацию фосфатов и фторидов. Известь увеличивает температуру смеси, которая повышает растворимость фосфогипса дигидрата, его дисперсность, дальнейшую перекристаллизацию и время «активной жизни» внешних полей минеральных компонентов. Добавление горячей воды при температуре 90 – 100 °С и перемешивание в смесителе принудительного действия в течении 45 – 50 мин позволяет активировать всю смесь, добиться равномерного перемешивания компонентов смеси, достичь оптимальной толщины водной пленки при прессовании и улучшения структурных связей в материале. Оптимальное давление прессования 3,5 т на образец-цилиндр диаметром 5 см.

По итогам проведенной работы получен патент на изобретение «Сырьевая смесь для изготовления строительных изделий по безобжиговой технологии» [6].

Целью дальнейшей работы является разработка технологии переработки мелкодисперсных отходов в строительные материалы с заменой одного из основных составляющих смеси – песка на супесь, которая является более доступным и дешевым аналогом. Так как работы проводились на основе отходов фосфогипса дигидрата Уваровского химкомбината, то рациональным было бы использовать местные кварцевые пески, однако, местных карьеров кварцевого песка в г. Уварово Тамбовской области нет. Разведанными и используемыми материалами для строительных растворов являются супеси, в которых кроме кварцевого песка присутствуют глинистые примеси. Проведенные ранее исследования показали хорошие результаты на глиняно-известково-фосфогипсовых композитах, поэтому было выдвинуто предположение о возможности образования новых фаз минералов, повышающих прочностные показатели.

Для составов с супесью использовался фосфогипс, отобранный из отвала в зимнее время года. Причиной использования замороженного фосфогипса является естественное диспергирование его частиц в процессе замораживания-оттаивания. При этом во время перемешивания сырьевой строительной смеси в смесителе, происходит выделение воды. Опытным путем получено водотвердое отношение при использовании замороженного фосфогипса, равное 0,2. Технология с использованием замороженного фосфогипса получила название «зима».

В рамках исследований проанализированны различные составы смеси с переменным процентным соотношением компонентов [7]. Лучшие результаты представлены в таблице.

Введение в состав 30% извести нерентабельно. Наилучшими физико-механическими свойствами, коэффициентами водопоглощения, размягчения и экономическим эффектом обладают системы супесь-известково-фосфогипсовых материалов с содержанием фосфогипса дигидрата 50 ... 60 %, извести 10 %, супеси 40 ... 30 %.

Свойства образцов супесь-известково-фосфогипсовых композитов

№ состава	Массовая доля твердого компонента сырьевой смеси, %			Предел прочности при сжатии 28 сут., МПа	Предел прочности при сжатии 1 год, МПа
	Фосфогипс	Известь	Супесь		
1	50	30	20	4,05	14,25
2	50	10	40	4,43	10,08
3	60	20	20	4,14	11,61
4	60	10	30	4,76	9,54
5	70	20	10	3,23	10,79

При твердении супесь-известково-фосфогипсовых материалов фаза полуводного гипса, превращается в фазу двуводного гипса. При прессовании между плоскостями кристаллов портландита, фосфогипса, кварца, глины, фторидов, фосфатов, сульфатов, гидросульфатов происходят процессы сращивания с появлением контактов срастания, прорастания, примыкания с образованием кристаллизационных структур и ван-дер-ваальсовых сил взаимодействия. Расстояния между некоторыми плоскостями кристаллизации достигают приблизительно $1 \cdot 10^{-7}$ м, что представлено на рисунке. Это хорошо подтверждает гипотезу о том, что если толщина водных пленок на поверхности гидратированных гидрофильных частиц составляет $10^{-7} \dots 10^{-9}$ м, то при этом происходит переход через порог от расклинивающего давления к преодолению сил, способствующих притяжению частиц друг к другу и появлению у этих материалов прочностных свойств.

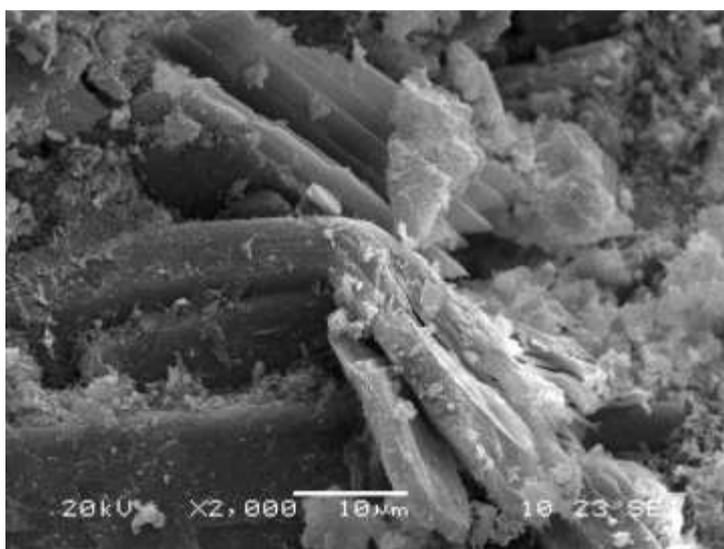


Рис. Микроструктура супесь-известково-фосфогипсового материала

Образцы супесь-известково-фосфогипсовых материалов при твердении в нормально влажностных условиях достигают только 40 % от показателей итогового предела прочности при сжатии в сухих условиях поэтому твердение таких систем проводили в сухих условиях.

Твердение в сухих условиях ведет к уменьшению толщины водных пленок, увеличению числа, силы кристаллизационных контактов между частицами разной дисперсности (от 50 мкм до наноразмерных) и значительному росту прочности получаемого супесь-известково-фосфогипсовых материалов.

По данным рентгенофазового анализа эффект роста кристаллогидратов новообразований не был замечен, следовательно, можно предположить, что прочность создается за счет наличия водных пленок с наноразмерной толщиной [8 – 10].

Полученные результаты подтвердили предположение о рациональности введения местных суспензий в составы композитов в количестве 20 – 30 % от массы образца.

Из таблицы видно, что в течение года прочность образцов возросла в 2 – 2,5 раза. Предполагается, данный факт связан с тем, что нормально-влажностные условия твердения для данного состава не позволяют набрать максимальную прочность. Кроме того, очевидно, что 28 суток недостаточно для набора максимальной прочности, что вновь приводит к необходимости разработки нормативной документации, в которой будет отражено: нормы изготовления, характер условий набора прочности материала, период набора прочности, допуски по изготовлению и д.р. [7].

Разработанная технология (применимо к составу: 60 % фосфогипс, 20 % супесь, 20 % негашеной извести, при водотвердом отношении 0,2 – 0,25) позволяет получить изделия с прочностью 2 – 20 МПа, в зависимости от давления прессования, водопоглощение 20 %, коэффициент размягчения 0,60, коэффициент водостойкости 0,7, рН 8 – 11. Изделия не относятся к группе водостойких, поэтому не могут использоваться в помещениях с влажностью более 60 % без дополнительной обработки.

Выводы

1. Песок, входящий в состав сырьевой смеси, можно заменить на более доступный аналог – супесь местных карьеров г. Уварово Тамбовской области.

2. Прочность изделий, в состав которых входит супесь, мало отличается от прочности изделий с песком, по причине того, что дисперсные глинистые компоненты дают термодинамически стабильные строительные материалы

3. Изделия, изготовленные с применением супеси, не являются водостойкими и рекомендованы для помещений с небольшой влажностью.

4. Необходимо разработать нормативную документацию, в которой будет отражено: нормы изготовления, характер условий набора прочности материала, период набора прочности, допуски по изготовлению и д.р.

5. Использование замороженного фосфогипса позволяет снизить водотвердое отношение сырьевой смеси до 0,2, то есть уменьшить количество добавляемой воды.

Автор выражает благодарность работникам Центра коллективного пользования имени профессора Ю. М. Борисова за предоставление материальной базы для научного исследования.

Библиографический список

1. Степанова М.П., Потамошнев Н.Д., Кукина О.Б. К разработке технологии портландитовых систем твердения для получения бесклинкерных строительных композитов // Известия Юго-Западного государственного университета. № 5(38), 2011. Часть 2. – С.166 –170.

2. Сергуткина О.Р., Потамошнев Н.Д., Кукина О.Б., Гончарова М.А. Комплекс исследований для научно-обоснованного использования техногенных продуктов в производстве строительных композитов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2013. № 6. С. 105 – 111.

3. Кукина, О.Б. Техногенные карбонаткальциевые отходы и технология их использования в строительных материалах с учетом структурообразующей роли [Текст]: дис. ... канд.

техн. наук: 05.23.05: защищена 27.12.02: утв. 11.04.03 / Кукина Ольга Борисовна; Воронеж. ГАСУ. – Воронеж, 2002. – 186 с.

4. Чернышов, Е.М., Потамосшнева, Н. Д., Кукина, О.Б. Портландитовые и портландитокarbonатные бесцементные системы твердения (ч. 1) / Е.М. Чернышов [и др.] // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – М., 2002. – № 4. – С. 12.

5. Чернышов, Е.М., Потамосшнева, Н. Д., Кукина, О.Б. Портландитовые и портландитокarbonатные бесцементные системы твердения (ч. 2) / Е.М. Чернышов [и др.] // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – М., 2002. – № 5. – С. 8 – 9.

6. Золотухин С.Н., Савенкова Е.А., Соловьева Е.А., Ибрагим Ф., Лобосок А.С., Абраменко А.А., Драпалюк А.А., Потапов Ю.Б. Сырьевая смесь для изготовления строительных изделий по безобжиговой технологии: пат. С04В11/26 Рос. Федерация; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Воронежский ГАСУ. – № 2015106177/03; заявл. 15.02.16 г.

7. Золотухин С.Н., Кукина О.Б., Абраменко А.А., Савенкова Е.А., Соловьева Е.А., Новикова К.К. Бесцементные безобжиговые строительные материалы с использованием фосфогипса // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2016. № 1. С. 115-121.

8. Артамонова О.В., Кукина О.Б., Солохин М.А. Исследование структуры и свойств цементного камня, модифицированного комплексной нанодобавкой // Деформация и разрушение материалов. 2014. № 11. С. 18-22.

9. Артамонова О.В., Кукина О.Б. Исследование кинетики набора прочности модифицированного цементного камня // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2014. № 2 (9). С. 83-93.

10. Артамонова О.В., Кукина О.Б., Солохин М.А., Артамонова О.В. Исследование кинетики гидратации и набора прочности цементного камня модифицированного комплексной нанодобавкой // В сборнике: Деформация и разрушение материалов и наноматериалов (DFMN-13) V Международная Конференция, сборник материалов. 2013. С. 638-640.

Referenses

1. Stepanova M. P., Potamoshneva N. D., Kukina O. B. To develop technology portlanditovyh systems hardening to obtain a construction clinkerless composites // proceedings of south-west state University. № 5(38), 2011. Part 2. P. 166 – 170.

2. Sergutina O. R., Potamoshneva N. D., Kukina, O. B., Goncharov M. A. the Complex of research for evidence-based use of technogenic products in production of building composites // Scientific Herald of the Voronezh state architecture, but construction of the University. Series: Physical-chemical problems and high technology building materials. 2013. №. 6. S. 105 – 111.

3. Kukina, O. B. Technogenic calcium carbonate waste and technology of their use in construction materials that incorporate structure-forming role of the [Text]: dis. kand. tech. Sciences: 05.23.05: protected 27.12.02: approved. 11.04.03; Voronezh. GUS. – Voronezh, 2002. – 186 С.

4. Chernyshov, E. M., Potamoshneva, N. D., Kukina, O. B. Portlandite and portlandite-carbonate cementless system hardening (part 1) // Building materials, equipment, technologies of XXI century. – М., 2002. – №. 4. – S. 12.

5. Chernyshov, E. M., Potamoshneva, N. D., Kukina, O. B. Portlandite and portlandite-carbonate cementless system hardening (part 2) / E. M. Chernyshov [et al.] // Building materials, equipment, technologies of XXI century. – М., 2002. – №. 5. – P. 8 – 9.

6. Zolotukhin S. N., Savenkov E. A., Solovieva, E. A., Ibrahim F., Lobanok A. S., Abra Man-ko A. A., Drapaluk A. A., Potapov Yu. b. Raw mixture for manufacturing building products by non-fired technology: Pat. C04B11/26 ROS. Federation; the applicant and patent-owner of the GOU VPO Voronezh GASU. № 2015106177/03; Appl. 15.02.16 G.

7. Zolotukhin S. N., Kukina, O. B., Abramenko, A. A., Savenkov E. A., Solovieva, E. A., Novikova K. K. Cementless non-fired building materials using phospho-gypsum // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Series: High technology. Ecology. 2016. №. 1. P. 115-121.

8. Artamonova, O. V., Kukina O. B., Solohin M. A. Investigation of structure and properties of cement stone modified with nano-additive complex // Deformation and fracture of materials. 2014. №. 11. S. 18-22.

9. Artamonova, O. V., Kukina O. B. Study of the kinetics of shear strength of the modified cement stone // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Series: Physical-chemical problems and high technology building materials. 2014. №. 2 (9). S. 83-93.

10. Artamonova, O. V., Kukina O. B., Solohin M. A. Investigation of key transmission kinetics of the hydration and strength development of cement stone modified nano-additive complex // In the book: Deformation and fracture of materials and nanomaterials (DFMN-13) V international Conference, collection of materials. 2013. P. 638-640.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры технологии
строительных материалов, изделий и кон-
струкций А.И.Воронин
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-78-30-16*

*Voronezh State Technical University
Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor of the Department of Tehnology of
building materials products and structures
A.I.Voronin
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-78-30-16*

А.И. Воронин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ТЭЦ-1 В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе экспериментально изучены возможности использования золошлаковых отходов Воронежской ТЭЦ-1 для производства литых и прессованных бетонов. Полученные результаты позволяют сделать вывод о производстве таких бетонов с использованием зол и шлаков Воронежской ТЭЦ-1.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, бетоны, кирпич.

A.I. Voronin

INVESTIGATIONS OF POSSIBILITIES USING SLAG WASTE BY VORONEZH THERMAL POWER PLANT-1 IN THE PRODUCING OF BUILDING MATERIALS

In the work experimentally studied the possibilities of using slag waste by Voronezh Thermal heat and power station (ТЭЦ-1) for producing alloy extruded concrete. The results allow to draw conclusions about producing such concrete by using ash and slag at Voronezh ТЭЦ-1 (Thermal heat and power station 1).

Keywords: concrete; bricks; slag waste.

Отвалы золошлаковых отходов (далее ЗШО) занимают большие площади, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат. Они являются источником загрязнения окружающей среды, представляют опасность для здоровья населения и угрозу растительному и животному миру близлежащих районов.

Вместе с тем ЗШО по химическому и минералогическому составу во многом идентичны природному минеральному сырью. Использование их в строительной индустрии – один из стратегических путей решения экологической проблемы в зоне работы ТЭС.

Целью работы являлось изучение свойств ЗШО и возможных путей использования их в производстве строительных материалов, изделий и конструкций. Поставлены задачи по определению размолоспособности ЗШО, возможности их использования в производстве силикатного кирпича и прессованных бетонных изделий.

По классификации П.И. Боженова ЗШО Воронежской ТЭЦ–1 относятся к группе ультракислых ($K_{\text{осн}} = - 0,13 < 0,0$). Истинная плотность – $2,376 \text{ г/см}^3$, насыпная плотность – $1,49 \text{ г/см}^3$, пустотность – 38%. По ГОСТ 25592 – 91 «Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия» они подразделяются на зольную составляющую (частицы размером менее $0,315 \text{ мм}$) и шлаковую (зёрна размером свыше $0,315 \text{ мм}$). В составе

ЗШО Воронежской ТЭЦ – 1 золы содержится 14,2 % по массе с удельной площадью поверхности $S=110 \text{ м}^2/\text{кг}$, остальное – шлаковая составляющая.

С целью определения возможности использования ЗШО и золы в качестве мелкодисперсных наполнителей и добавок получены экспериментальные данные по их размалываемости (рис. 1). Размалываемость ЗШО до показателей удельной площади поверхности около $400 \text{ м}^2/\text{кг}$ почти не отличается от размалываемости песка. А размалываемость золы в интервале удельной площади поверхности от 100 до $300 \text{ м}^2/\text{кг}$ значительно выше. Поэтому использование ЗШО и золы в качестве мелкодисперсной составляющей в производстве силикатного кирпича вместо песка не приведёт к увеличению расхода энергоресурсов на помол.

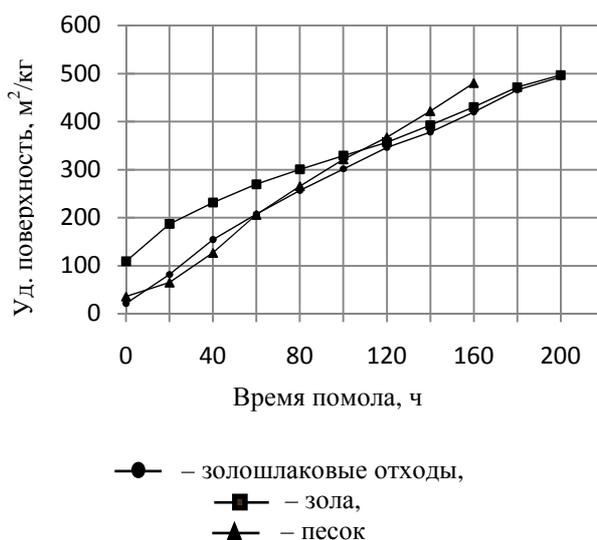


Рис. 1. – Размалываемость золошлаковых отходов, золы и песка

Выполнены эксперименты по возможности использования ЗШО в качестве тонкодисперсной кремнезёмистой составляющей в составе известково-кремнезёмистого вяжущего для производства прессованных силикатобетонных изделий. При этом молотый песок в составе вяжущего заменялся на молотые ЗШО в количестве от 25 до 100 %.

Для приготовления вяжущего в ходе эксперимента использовалась гашеная известь активностью 70 %. В качестве кремнезёмистого компонента использовались молотый песок Каменно-Верховского месторождения Воронежской области и молотые ЗШО Воронежской ТЭЦ – 1, удельная площадь поверхности которых составляла $S=210...211 \text{ м}^2/\text{кг}$. В экспериментах применялось вяжущее и формовочная масса со следующими показателями: активность вяжущего – 40 % по $\text{CaO}+\text{MgO}$, активность формовочной массы – 8 %, влажность смеси – 7 %. Данные характеристики характерны для производства силикатного кирпича.

В качестве немолотого кремнезёмистого компонента для приготовления формовочной массы использовался песок того же месторождения.

Было отформовано 5 серий образцов-цилиндров диаметром и высотой около 5 см (на гидравлическом прессе при удельном давлении прессования 30 МПа) с различным содержанием молотого песка и молотых ЗШО в вяжущем. Количество немолотого кремнезёмистого компонента и извести не менялось.

Отформованные образцы подвергались автоклавной обработке при давлении 0,8 МПа по режиму: 1,5ч (подъём) + 8ч (выдержка) + естественное охлаждение.

Экспериментальные данные (рис. 2) показали, что возможно получение силикатного кирпича при замене молотого песка в составе вяжущего на молотые ЗШО той же дисперсности. При замене до 50 % песка наблюдается незначительное снижение прочности до марки М250, а при замене 75 % молотого песка была получена прочность М200. По-видимому, оксиды кальция и магния находятся в неактивной форме и возможно ожидать повышения прочности при активизации оксидов (например, раствором щелочей).

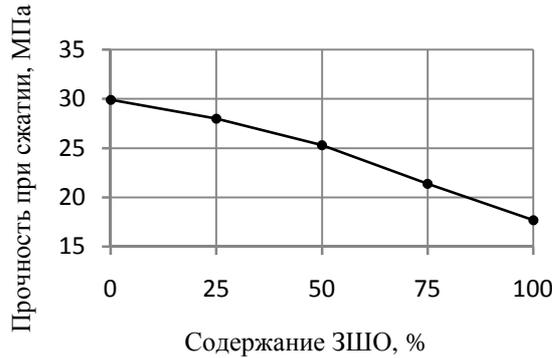


Рис. 2. – Зависимость прочности при сжатии образцов силикатного кирпича от содержания молотых золошлаковых отходов в вяжущем

Для исследования возможности получения прессованных бетонов с использованием шлакопесчаной смеси в качестве заполнителя (фракция от 0,315 до 20 мм) был поставлен трёхфакторный эксперимент методом Бокса-Уилсона. Варьируемые факторы и уровни их варьирования представлены в таблице.

Таблица

Уровни варьирования факторов

Условное обозначение уровней изучаемых факторов	Факторы и их обозначения		
	Расход цемента, кг/м ³	Влажность, %	Удельное давление прессования, МПа
	x_1	x_2	x_3
x^{\max} (+1)	350	10	20,0
x^{\max} (0)	250	8	15,0
x^{\max} (-1)	150	6	10,0
+ α	425	12,15	25
- α	118	4,7	8

На гидравлическом прессе формировались образцы – цилиндры диаметром и высотой около 5 см. Твердение образцов осуществлялось в нормальных условиях при относительной влажности воздуха свыше 95% и температуре воздуха $20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 28 суток, после чего образцы взвешивались и определялась их прочность при сжатии.

Полученная в результате проведения многофакторного эксперимента математическая модель имеет вид

$$R_{сж} = 7,99 + 2,8x_1 + 1,2x_1x_2$$

Полученные результаты свидетельствуют о возможности получения прессованных стеновых материалов классом (маркой) по прочности на сжатие до В12,5 (М150) с приемлемым расходом цемента (250 кг/м³).

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают возможности использования ЗШО Воронежской ТЭЦ – 1 в производстве бетонных изделий и силикатного кирпича требуемого уровня качества.

*Воронежский государственный
архитектурно-строительный университет
Магистр кафедры проектирования зданий и
сооружений К.П. Нагаева
Россия, г. Воронеж, тел. 8 910 341 68 85*

*Voronezh State University of Architecture
and Civil Engineering
Master of the designing of buildings and
constructions faculty K.P. Nagaeva
Russia, Voronezh, tel. 8 910 341 68 85*

К.П. Нагаева

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УТЕПЛЕНИЯ МАНСАРД

Статья посвящена обзору современных кровельных утеплителей для проектирования мансард. Приводятся примеры кровельной конструкции, рассчитывается толщина теплоизоляции и сравнивается стоимость.

Ключевые слова: современные утеплители, утепление мансарды, минеральная вата, ЭППС, пеностекло, эковата.

K.P. Nagaeva

ANALYS OF USING OF MODERN THERMAL INSULATION FOR WARMING ATTIC

The article is devoted to a review of modern roofing insulation for the design of mansards. Discusses the roof constructions, calculated the thickness of thermal insulation and cost is compared.

Keywords: Modern insulation, insulation of the attic, mineral wool, EPS, foam glass, ecowool.

В настоящее время все больше внимания уделяется энергоэффективности и экологичности материалов применяемых при возведении зданий. При строительстве частных домов стремятся не только уменьшить затраты на материалы и монтаж, но и снизить расходы на вентиляцию и отопление.

Комфортное проживание напрямую зависит от вида используемых материалов. Устраивая мансарду в подкровельном пространстве, следует внимательно отнестись к выбору утеплителя. В первую очередь необходимо обращать внимание на его энергоэффективность, экологичность, долговечность, пожарную безопасность. Также встают вопросы о способе монтажа и выборе сопутствующих материалов, которые будут работать совместно, образуя единую систему кровельной конструкции.

1. Каменная (базальтовая) вата.

Каменная вата изготавливается из расплава изверженных горных пород, который образуется при нагреве до 1500°C с последующим образованием волокна.

Каменную вату для скатной кровли монтируют различными способами. Если толщина утеплителя по расчету меньше или равна ширине стропил, то минераловатные плиты монтируют враспор между стропильными ногами, при этом ширина плит должна быть чуть больше свободного пространства. Фиксируют плиты можно с помощью натянутой лески. Далее крепят с помощью скоб пароизоляционный материал.

Если же толщина утеплителя больше ширины стропил, то минераловатные плиты располагают как между стропил, так и над или под стропилами. При монтаже плит сверху, данный слой устраивают из плит с высокой прочностью к продавливанию.

Один из вариантов конструкции представлен на рис.1.

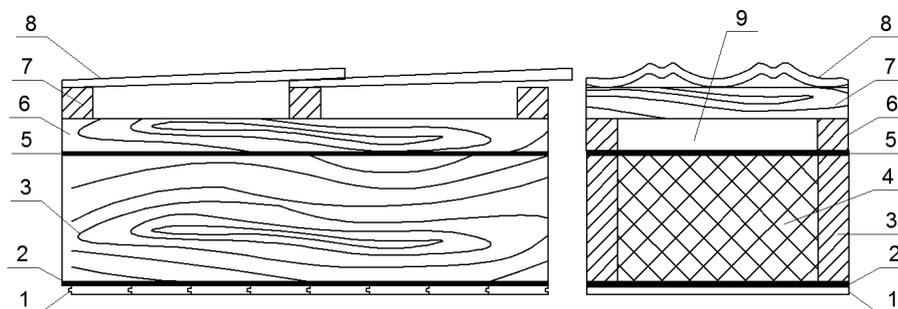


Рис. 1. Конструкция кровли с утеплением из минеральной ваты:

1 – обшивка; 2 – пароизоляционная пленка; 3 – стропила; 4 – плиты минераловатные (или стекловата); 5 – мембрана диффузионная; 6 – контробрешетка; 7 – шаговая обрешетка; 8 – композитная черепица

2. Стекловата.

Стекловата представляет собой стеклянное волокно, полученное из песка, доломита, известняка, буры с использованием отходов стекольной промышленности. Массу нагревают до температуры 1400°С и при помощи раздувания паром образуют волокно. В сравнении с каменной ватой стекловата имеет повышенную прочность и упругость за счет отличия толщины и длины волокон. Однако стекловата подвержена усадке и впитывает влагу в большей степени, по этой причине ее монтируют между и под стропилами.

Конструкция представлена на рис.1.

3. Пеностекло.

Пеностекло представляет собой вспененную стекломассу. Ее получают путем смешивания тонко измельченного силикатного стекла с газообразователями и последующего нагревания до 800-900 градусов Цельсия.

По рекомендациям одного из производителей пеностекла «Foamglas» данный теплоизоляционный материал монтируется на кровлю без устройства вентиляционного зазора. При его монтаже не используется механический крепеж, а также не требуется устройство пароизоляции. Его монтируют как правило поверх деревянных конструкций с приклеиванием на сплошное основание. Существует и вариант с установкой пеностекла между стропил, в этом случае блоки подбирают таким образом, чтобы не было щелей между пеностеклом и стропилами. Монтаж осуществляется на клей, мастику или креплением на шурупах к обрешетке.

Конструкция представлена на рис.2.

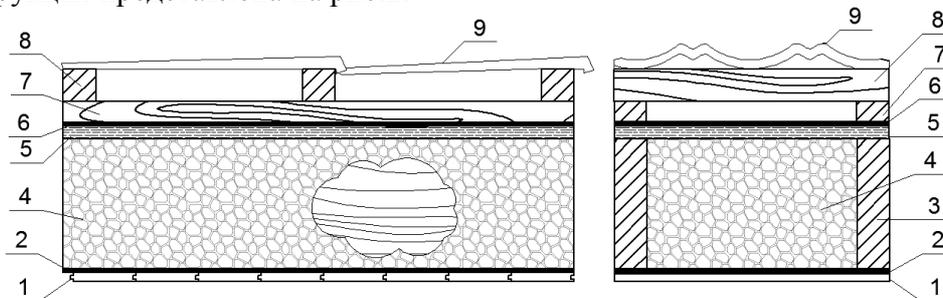


Рис. 2. Конструкция кровли с утеплением из пеностекла:

1 – обшивка; 2 – пароизоляционная пленка; 3 – стропила; 4 – пеностекло; 5 – сплошной настил (ОСБ); 6 – мембрана диффузионная; 7 – контробрешетка; 8 – шаговая обрешетка; 9 – композитная черепица

4. Экструдированный пенополистирол (ЭППС).

Экструдированный пенополистирол производят методом экструзии смешанных гранул полистирола и вспенивающего агента при высокой температуре и давлении. ЭППС обладает высокой прочностью на сжатие и наиболее низкой теплопроводностью по сравнению с другими теплоизоляционными материалами. Группа горючести Г3, Г4.

В случае утепления мансарды его монтируют поверх стропил или под стропилами. По рекомендации производителя «Пеноплэкс» при использовании паропроницаемой мембраны, пароизоляционный слой не требуется. Поскольку плиты ЭППС жёсткие их нецелесообразно укладывать между стропил, т.к. образуются швы, приводящие к потерям тепла.

Конструкция представлена на рис.3.

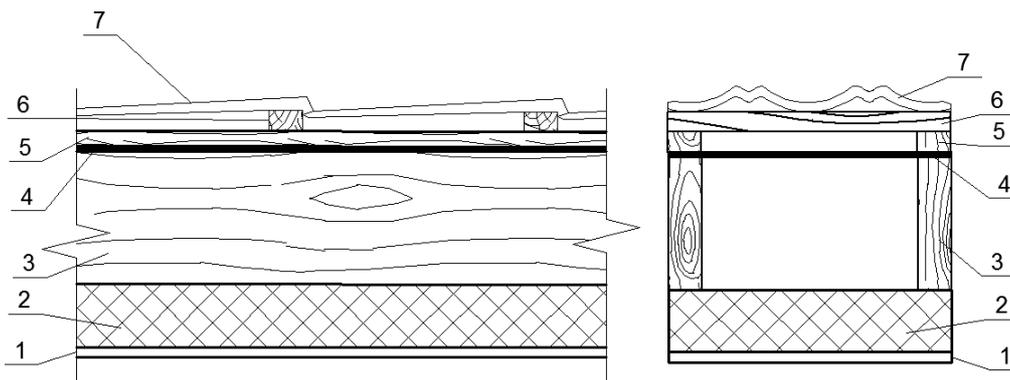


Рис. 3. Конструкция кровли с утеплением из ЭППС:

1 – обшивка; 2 – ЭППС; 3 – стропила; 4 – мембрана диффузионная; 5 – контробрешетка; 6 – шаговая обрешетка; 7 – композитная черепица

5. Эковата.

Эковата представляет собой целлюлозный утеплитель, который на 80% состоит из бумаги и на 20% из борной кислоты или буры. Относится к группе горючести Г1.

Монтаж производят либо ручной укладкой, либо напылением с помощью мобильной выдувной установки. Последний способ наиболее эффективный. Различают три способа выдувания: «сухое» нанесение, «влажное» нанесение, «теплая штукатурка». Как правило, при утеплении кровли применяют сухой способ задувки. Для этого устраивается подшивка стропил с обеих сторон, шланг помещается в полости и заполняется эковатой. В качестве верхней подшивки используется ветрозащитная плита.

Конструкция представлена на рис.4.

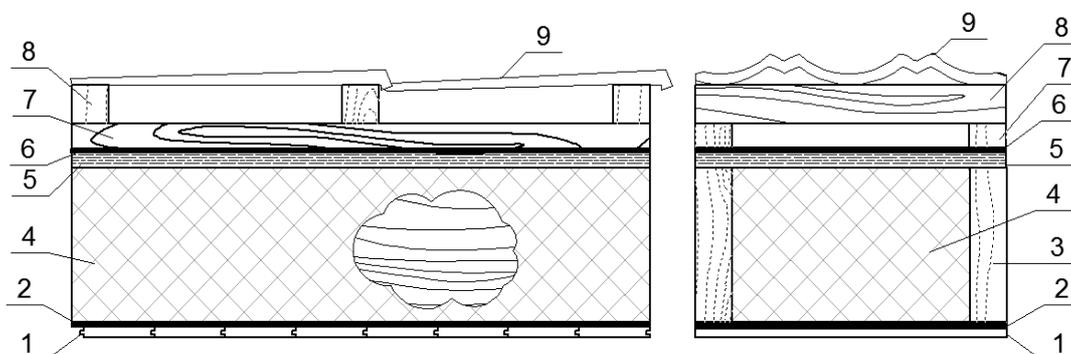


Рис. 4. Конструкция кровли с утеплением эковатой:

1 – обшивка; 2 – пароизоляция; 3 – стропила; 4 – эковата; 5 – ветрозащитная плита; 6 – мембрана диффузионная; 7 – контробрешетка; 8 – шаговая обрешетка; 9 – композитная черепица

Проведем сравнение вышеперечисленных утеплителей по расчетному сопротивлению теплопередачи.

Исходные данные: район строительства: г. Воронеж, температура внутреннего воздуха 22°C, относительная влажность воздуха $\phi=55\%$. Площадь, занимаемая утеплителем 194м².

Проведем теплотехнические расчеты согласно [1] и [2] и найдем толщину. Результаты представлены в таблице.

Таблица

Сравнительная характеристика кровельных утеплителей

Материал	Плотность, ρ , кг/м ³	Теплопроводность, λ , Вт/м·С	Расчетная толщина, δ , мм	Расход, м ³	Цена руб./м ³	Стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6	7
Каменная вата (Технолайт Экстра)	40	0,041	220	42,7	1217	51958
Стекловата (URSA GEO)	25	0,040	210	40,8	1731	70657
Пеностекло	100	0,040	200	38,8	18500	740000
ЭППС (Пеноплекс)	35	0,031	150	29,1	4150	124500
Эковата	45	0,042	200	38,8	1280	51200

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что с точки зрения наибольшей экономичности наиболее предпочтителен минераловатный утеплитель и эковата. Для повышения срока службы таких утеплителей необходимо предусмотреть паро- и гидроизоляцию, а также вентиляцию подкровельного пространства.

Библиографический список

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003, М.: Минрегион России, 2012.-117с.;
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*, М.: Минрегион России, 2012.-108с.;
3. Савельев, А. А. Современные кровли. Устройство и монтаж / А. А. Савельев. – М.: Аделант, 2010. – 160 с.
4. Семенова Э. Е., Буданов И. А. Анализ энергосберегающих архитектурных решений при проектировании гражданских зданий / Э. Е. Семенова, И. А. Буданов // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2016. – С. 75-78.

References

1. SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings. Actualized edition of SNiP 23-02-2003, Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2012.-117s .
2. SP 131.13330.2012 Construction climatology. Actualized edition of SNiP 23-01-99 *, M .: Ministry of Regional Development of Russia, 2012.-108s .
3. Saveliev A. A. Modern roofs. The device and installation / A. A. Saveliev. - M .: Adelant, 2010. - 160 s.
4. Semenova E. E., Budanov I. A. Analysis of energy-saving architectural solutions in the design of civil buildings / E. E. Semenova, I. A. Budanov // Collected scientific papers on the results of the international scientific and practical conference. - Voronezh, 2016. - P. 75-78.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
технологии строительных материалов, изде-
лий и конструкций А.Е. Турченко
Россия, г Воронеж, тел 8(373)2-71-52-35
e-mail: allaevgen@mail.ru
Студент гр. В241 Технология и применение
строительных материалов, изделий и
конструкций Н.В. Немцев*

*Voronezh State
Technical University
A.E. Turchenko cand. of techn. science,
associate professor of the chair of materials and
technology of building materials and construction
Russia, g Voronezh, ph.+ 7 (473)2- 71-53-35
e-mail: allaevgen@mail.ru
N.V. Nemtsev st. of с. В241 Technology and ap-
plication of building materials, products and
Constructions*

А.Е. Турченко, Н.В. Немцев

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО ОБЛИЦОВОЧНОГО ПОРИСТОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

В статье представлены результаты исследований влияния отошителей на физико-механические свойства керамического кирпича на основе местного сырья. Предложены рациональные составы шихты на его основе для производства керамического лицевого кирпича.

Ключевые слова: местное глинистое сырье, керамический кирпич, отошитель, пористость.

A.E. Turchenko, N.V. Nemtsev

PECULIARITIES OF OBTAINING A CERAMIC FACING POROUS BRICK BASED ON LOCAL RAW MATERIALS

The article presents the results of studies of the effect of otoschiteley on the physical and mechanical properties of ceramic bricks on the basis of local raw materials. Rational compositions of charge based on it for the production of ceramic face brick are proposed.

Key words: Lokal clay raw materials, ceramic brick, otoschitel, porosity, strength properties.

В условиях конкуренции строительных материалов, преимущество имеют выполняющие несколько функций. Так керамический кирпич, являясь стеновым материалом, применяется как облицовочный, а также берет на себя часть теплозащитных функций стеновой конструкции. При этом, высокое качество керамических стеновых изделий остается основным требованием. Его достижение, вызывает необходимость улучшения обработки сырьевых материалов и выявления рациональных шихтовых составов. Это актуально при снижении материальных затрат на их производство, за счет использования местного сырья [1].

Цель данной работы - выявить шихтовой состав керамического облицовочного кирпича на основе местного сырья, с точки зрения получаемых физико-механических и декоративных показателей обожженных изделий.

Исследованиями установлено, что глинистое сырье Голубинского месторождения Белгородской области средне-пластичное ($\Pi = 24,5\%$). По гранулометрическому составу относится к суглинку пылеватому, чувствительно к сушке. Химический состав включает: SiO_2 –

51,3 ...54,9 %, Al₂O₃ – 9,6...12,1 %, CaO – 8,8 ...14,2 %, Fe₂O₃ – 4,6 - 6,2 %, MgO – 2,9 - 4,1 %, п.п.п - 12,9...15,4, связующая способность составила 20 %.

Для определения рационального состава, готовились шихты, содержащие суглинок и непластичный компонент - отощитель двух видов: песок кварцевый (составы 2, 3, 4) и мел Воронежских карьеров (составы 5, 6, 7, 8 см. табл.). Выбор песка связан с его доступностью и низкой стоимостью, а мел применялся как полифункциональный компонент, выполняющий роль отощителя при сушке, пигмента и преобразователя при обжиге.

Подготовка шихт включала следующие переделы: сушку и измельчение компонентов, перемешивание по сухому, увлажнение до формовочной влажности водой температурой + 16±4 °С, формование образцов - кубов 5х5х5 см пластическим способом. Затем, сушку образцов при температуре 60±5°С, обжиг при температуре 1000±10 °С с изотермической выдержкой один час. Результаты определения физико-механических показателей экспериментальных образцов представлены в таблице.

Таблица

Физико-механических испытаний полученных керамических образцов

№ состава	Состав		Формовочная влажность, %	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение по массе, %	Пористость полная, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/м °С	Цвет черепка
	суглинок	отощитель							
1	100	-	22	1890	22,3	15	24,4	0,88	красный
2	90	10	24	1910	25,5	10	23,6	0,89	красный
3	80	20	23	1860	20,5	16	25,6	0,86	красный
4	70	30	22	1840	17,2	18	26,4	0,85	красный
5	95	5	22	1830	16,2	18	26,8	0,85	рыжий
6	90	10	22	1725	14	20	31	0,79	желтый
7	85	15	23	1670	10	20,5	36,5	0,76	бежевый
8	80	20	25	1630	8	21	38,5	0,74	бежевый

Выводы

1. Установлено, что для глинистого сырья Голубинского месторождения Белгородской области рациональным содержанием отощителя в шихте, по физико-механическим показателям обожженных изделий, составляет 10 %.

2. Разработан состав для керамического облицовочного пористого кирпича на основе на основе суглинка Голубинского месторождения Белгородской области и мела Воронежских карьеров по показателям предела прочности при сжатии, средней плотности, пористости. цвету кирпича: суглинок - 90 %, мел - 10 %, формовочная влажность – 22-23 % (состав б).

Библиографический список

1. Турченко А.Е. Технологические особенности получения объемно-окрашенного керамического кирпича на основе легкоплавкого сырья воронежской области. Белгород. Сб.: Научные технологии и инновации БГТУ им. Шухова.2014. С. 285-289.

References

1. Turchenko A.E. Technological features of obtaining volumetric-colored ceramic bricks based on low-melting raw materials of the Voronezh region. Belgorod. Sat: High technology and innovation BSTU. Shukhov. Pp. 285-289.

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 711.168

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. тех. наук, доц. кафедры жилищно-
коммунального хозяйства Ю.А. Воробьева
Магистрант кафедры жилищно-
коммунального хозяйства Е.Г. Мизилина
Россия, г. Воронеж, тел. +7(4732) 71-52-49
e-mail: cccp38@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of housing
and communal services Y.A. Vorob'eva
Master of housing and communal services
E.G. Mizilina
Russia, Voronezh, tel. +7 (4732) 71-52-49
e-mail: cccp38@yandex.ru*

Ю.А. Воробьева, Е.Г. Мизилина

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИ СЛОЖИВШЕЙСЯ ЗАСТРОЙКИ ПО УЛИЦЕ САККО И ВАНЦЕТТИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА Г. ВОРОНЕЖ

Рассматриваются мероприятия по сохранению исторического облика центральной части г. Воронеж с устройством пешеходных зон. Проведены исследования технических характеристик улиц до и после реконструкции, получены натурные данные по интенсивности транспортного потока, произведены расчеты выбросов загрязняющих веществ и шумового воздействия автотранспорта на всю прилегающую территорию. Разработан ряд рекомендаций по улучшению экологической ситуации на реконструируемой территории жилой застройки.

Ключевые слова: экология, транспортные потоки, снижение загрязняющих веществ.

Yu.A. Vorob'eva, E.G. Mizilina

THE ENVIRONMENTAL ASPECT OF THE RECONSTRUCTION OF THE HISTORICAL BUILDINGS ALONG THE STREET SACCO AND VANZETTI CITY DISTRICT THE CITY OF VORONEZH

Discusses measures to preserve the historical appearance of the Central part of Voronezh with the device pedestrian areas. Conducted research of technical characteristics of the streets before and after reconstruction, full-scale data obtained on the intensity of traffic flow, the calculations of emissions of pollutants and noise impact of vehicles on the entire neighborhood. Developed a number of recommendations to improve the environmental situation on the reconstructed residential areas.

Keywords: ecology, transport streams, decrease in emissions of the polluting substances.

Особую важность при реконструкции городской застройки на сегодняшний день представляет сохранение исторического наследия. Огромные территории в общегородской структуре лишены индивидуальности, большинство городов похожи друг на друга, а немногочис-

ленные памятники истории и архитектуры эстетически обесцениваются с каждым годом. Так называемая «историческая городская среда» нуждается в соответствующем уходе, поэтому так важно сейчас говорить не только о сохранении отдельных памятников истории и архитектуры, но и рассматривать комплексную реконструкцию территории исторически сложившейся застройки с реставрацией памятников, которые имеют художественную и историческую ценность.

Одним из главных аспектов реконструкции городской застройки является охрана окружающей среды. На состояние окружающей среды современного города влияет ряд факторов, таких как автомобильный транспорт, промышленность, объекты жилищно-коммунального хозяйства, в том числе и многочисленные неорганизованные свалки, а также пыль неблагоустроенных территорий. Актуальность приобретает вопрос перераспределения городского транспорта в связи с организацией в историческом центре города пешеходных зон.

Целью данного исследования являлась оценка экологической ситуации при реконструкции исторически сложившейся застройки на примере городского округа г. Воронеж. В качестве объекта исследования была выбрана ул. Сакко и Ванцетти, носившая до 1927 г. название Большая Девиченская, или просто Девиченская.

В настоящее время на улице Сакко и Ванцетти насчитывается 14 объектов культурного наследия, большинство из которых находится в обветшалом состоянии и нуждается в реставрации. В то время, когда здания-памятники забываются и теряют свой исторический облик, на улице возводятся «шедевры современной архитектуры». Таким образом, исторический облик теряет целая улица и постепенно забывается богатая история Воронежа, насчитывающая уже не одно столетие.

Для сохранения исторического наследия улицы Сакко и Ванцетти было предложен пешеходный туристический маршрут по данной улице, ограниченный улицами Степана Разина и Жилина. Протяженность маршрута составляет 1300 м. Проект предполагал реставрацию памятников истории и архитектуры, подчеркнув значимость каждого путем установки информационно-образовательных стендов, а также снос зданий и сооружений, которые не соответствуют архитектурному облику улицы и нормативам градостроительного проектирования.

Для осуществления рассматриваемого проекта было предложено трансформировать улицу Сакко и Ванцетти в пешеходную за счет перераспределения потока и увеличения интенсивности движения по пр. Революции, ул. Степана Разина, набережной Массалитинова, ул. Жилина и Добровольческого Коммунистического полка г. Воронеж.

В современных городах одним из наиболее распространенных видов загрязнения окружающей среды, постоянно действующим и неблагоприятно сказывающимся на жизнедеятельности человека, является шум. Наличие в ограждающих конструкциях трещин, сквозных щелей (даже волосяных) способствует прямому проникновению шума, что сказывается на снижении звукоизоляции ограждения и на шумовом режиме жилой среды [1,2]. Наибольший вклад в создание шумовой нагрузки в городе вносит именно транспортный шум, поэтому нами была произведена оценка шумового воздействия от автотранспорта на территорию исторически сложившейся застройки по ул. Сакко и Ванцетти.

Для экологической оценки реконструируемой территории были получены технические характеристики перечисленных выше улиц, такие как интенсивность автомобильного потока, ширина, длина участков. Учет интенсивности автомобильного потока проведен на основании натурных замеров. Экологическая оценка территории проводилась по 2-м показателям: концентрация загрязняющих веществ от автотранспортного потока и уровень шума.

Анализ показал, что уровень шума в пределах реконструируемой жилой застройки составил 60дБ. В предложении по реконструкции с улицы Сакко и Ванцетти выводится транспорт и устраивается пешеходная зона, следовательно, экологическая ситуация в пределах жилой застройки данной улицы предполагает заметное улучшение.

Автотранспорт является основным экологическим фактором, воздействующим на здоровье человека и окружающую среду города. Чтобы наиболее точно оценить экологическую обстановку по улице Сакко и Ванцетти был произведен расчет выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта и анализ распределения концентрации загрязняющих веществ в приземном слое в границах пр. Революции, ул. Степана Разина, набережной Массалитинова, ул. Жилина и Добровольческого Коммунистического полка г. Воронеж. Расчет был произведен дважды: в первом случае, учитывая движение транспорта по улице Сакко и Ванцетти (рис. 1, а), во втором случае, считая, реконструируемую улицу - пешеходной (рис. 1, б).

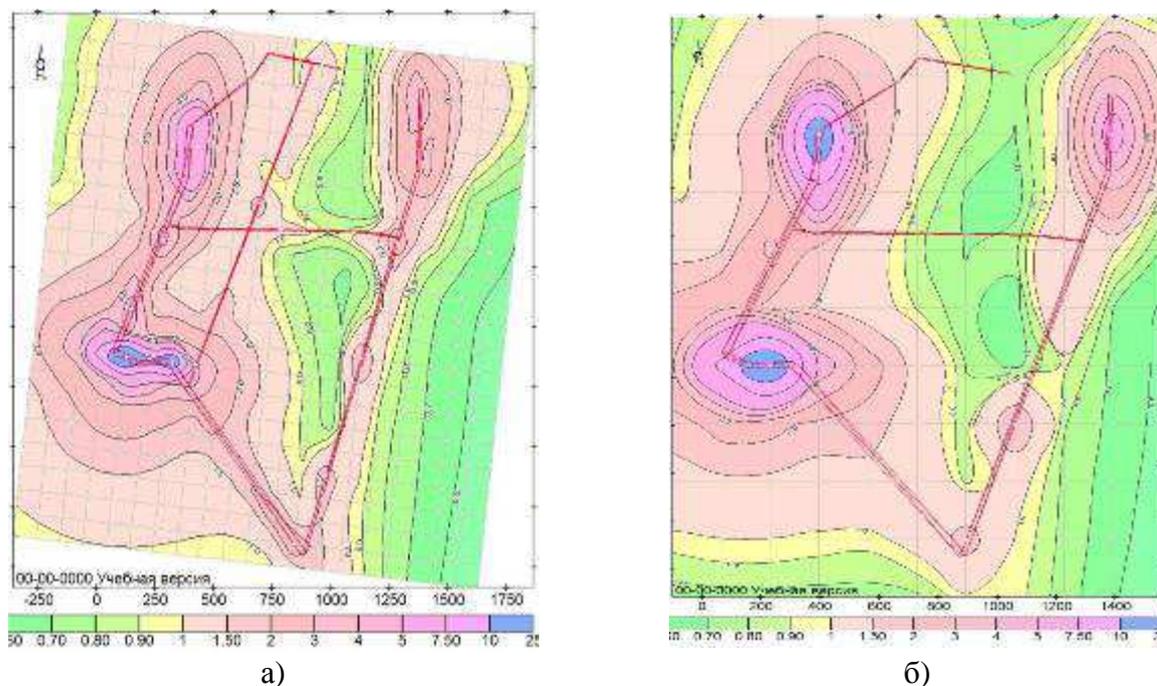


Рис. 1. Концентрация выбросов диоксида азота
а) до реконструкции; б) после реконструкции

По результатам расчета можно сделать вывод, что на территории реконструируемой жилой застройки концентрация выбросов диоксида азота превышает предельно допустимую концентрацию в 3...4 раза.

По результатам проведенных исследований были разработаны предложения по снижению вредного воздействия объектов автотранспортного комплекса на атмосферный воздух.

1. Необходимо снизить интенсивность транспортных средств на данных магистралях не менее чем на 30% с организацией безостановочного движения автомобилей, так как наибольший выброс уязвимых веществ происходит при торможении, разгоне, дополнительном маневрировании [3].

2. Поддерживать исправность дорожных покрытий за счет регулярных ремонтных работ, вследствие чего водителям не придется снижать и набирать скорость, что соответственно приводит к увеличению выбросов отработавших газов автомобилей в отличие от движения на средних скоростях.

3. Проектом предусмотрено максимально возможное озеленение представленной территории. Городские зеленые насаждения играют важную роль в улучшении воздушного бассейна крупных городов, за счет поглощения и разложения углекислого газа, обогащения воздуха кислородом, задержания на поверхности листьев и ветвей пыли, поглощения токсичных веществ, выделяемых автотранспортом и промышленными предприятиями города.

Для посадок рекомендуется применять газоустойчивые и быстрорастущие породы деревьев и кустарников [4]. Необходимо интенсифицировать работу по высадке вдоль проезжей части зелёных насаждений. Данную территорию засаживать следует широколиственными кустарниковыми породами, так как на объемной листовой пластинке собирается больше пыли от выхлопных газов автомобилей. Высота этих насаждений должна быть около 1–2 м: именно на этой высоте находится уровень дыхания человека и именно на этом уровне большая часть загрязняющих веществ содержится в виде пыли во взвешенном состоянии.

4. В теплый период года необходимо производить полив улиц для очистки города от пыли, которая содержит частицы сажи и тяжёлых металлов.

Подводя итоги проведенного исследования можно сделать следующий вывод: при реконструкции жилой застройки необходимо проводить комплексный анализ территории с учетом изменения, как планировочной структуры, так и перераспределения транспортных потоков в общегородской системе. Решая представленную задачу по организации пешеходных зон в исторически сложившейся городской застройке необходимо учитывать воздействие автотранспорта на всю прилегающую территорию.

Сохранить чистый воздух в пределах реконструируемой исторически-сложившейся застройки реально. Для этого необходимо проводить комплексные профилактические мероприятия, важнейшими из которых являются стимулирование перехода транспорта на газовое топливо и увеличение зелёного фонда города.

Библиографический список

1. Воробьева Ю.А. Моделирование прохождения звуковой энергии через ограждающие конструкции с различным износом/ 12 межрегиональная Научно-практическая конференция «Высокие технологии в экологии» 2009 г. С.91-94

2. Сазонов Э.В., Воробьева Ю.А. Информационно-диагностический анализ развития износа гражданских зданий/ Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 5. С. 118-121.

3. Мизилина Е.Г. Влияние размещения общественно-деловых центров на транспортную инфраструктуру города на примере ТЦ «Европа» в г. Воронеж./II Международная научно-практическая конференция «Развитие технических наук в современном мире»/. Воронеж, 2015.- С. 116-119.

4. Мизилина Е.Г., Воробьева Ю.А. Анализ воздействия автотранспорта на реконструируемую жилую застройку на примере г.Воронеж / Журнал Научный вестник Серия: Студент и наука Выпуск № 2 (9), Воронеж. -2016, С. 77-81.

References

1. Vorob'eva Yu.A. Modeling the passage of sound energy through the enclosing structures with various wear/ 12 interregional Scientific-practical conference "High technologies in ecology", 2009, p. 91-94

2. Sazonov.E.V., Vorob'eva Yu.A. Information-diagnostic analysis of the development of the depreciation of civil buildings/ news of higher educational institutions. Construction. 2005. No. 5. P. 118-121.

3. Mizulina E. G. the Influence of social-business centers on transport infrastructure on the example of the shopping center "Europe" in G. Voronezh./II International scientific-practical conference "Development of technical Sciences in the modern mi-re"/. Voronezh, 2015.- P. 116-119.

4. Mizulina E. G., Vorob'eva Yu.A. Analysis of the impact of transport on the reconstrairway residential development on the example of Voronezh / Journal Scientific Bulletin Series: Student and science Issue No. 2 (9), Voronezh. -2016, P. 77-81.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. технических наук, профессор кафедр
ры строительных конструкций, оснований и
фундаментов им. проф. Ю.М. Борисова
П.И.Калугин
Канд. архитектуры, доцент кафедры жи-
лищно-коммунального хозяйства
Михайлова Т.В.
Магистрант кафедры жилищно-
коммунального хозяйства М.С. Фомина
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (952) 5-41-70-81
e-mail: mashafomina94@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of technical Sciences, Professor, De-
partment of building structures, bases and foun-
dations of them. prof. Yu. M. Borisov
P.I. Kalugin
D.Sc.(Architecture), Prof. of housing and com-
munal services Dept.
T.V. Mikhailova
Undergraduate of housing and communal ser-
vices Dept. M.S. Fomina
Russia, Voronezh, tel. +7 (952) 5-41-70-81
e-mail: mashafomina94@mail.ru*

П.И. Калугин, Т.В. Михайлова, М.С. Фомина

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМОСВЯЗИ СОВРЕМЕННОЙ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДА С ЗЕЛЕНЫМИ ЗОНАМИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА)

Рассматривается сложившаяся система городского озеленения, ее экологическая значимость. Приводятся примеры не целевого использования городских рекреационных зон (парков). Ставятся задачи по реконструкции исторически сложившейся системы парковой структуры города.

Ключевые слова: рекреационная зона, парк, зона отдыха, застройка парков, строительство, градостроительное проектирование, парки Воронежа.

P.I. Kalugin, T.V. Mikhailova, M.S. Fomina

ACTUAL ASPECTS OF THE INTERDEPENDENCE OF MODERN CONSTRUCTION CITIES WITH GREEN ZONES (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF VORONEZH)

Considered the existing system of urban landscaping, its ecological significance. Examples of non-targeted use of urban recreational areas (parks) are given. The tasks are set for the restoration of the historically established system of the park structure of the city.

Key words: recreational area, a park, rest zone, building of parks, building, gradostroitelnaya design, parks of Voronezh.

Общественные пространства играют огромную роль в жизни города, именно они в значительной мере формируют городскую среду.

Система городского озеленения является одной из составляющих сложного конгломерата явлений, входящих в понятие «городская среда». Современный город - это экосистема, в которой создаются наиболее благоприятные условия не только для работы, но и для отдыха населения, где человек должен быть не оторван от природы, а, как бы, растворен в ней.

Совокупность лесов, лесопарков, парков, садов, бульваров и скверов относится к озеленённой территории общего пользования, предназначенной для отдыха. Для современного этапа развития Воронежа характерно: практически полное отсутствие единой системы озеленения, хаотичное и бесструктурное распределение насаждений по территории города.

Влияние озеленения на качество жизни населения невозможно переоценить. Гектар зеленых городских зеленых насаждений поглощает в час 8 кг углекислого газа, то есть столько, сколько его выделяют при дыхании за это же время 200 человек; отфильтровывает из воздуха до 50-70г. пыли в год, уменьшая ее концентрацию в воздухе на 30-40%.

Анализ современного состояния садово-парковой системы Воронежа является частью задач, решаемых в градостроительном проектировании. Для города зеленые массивы являются неотъемлемой частью: они снижают уровень шума; кроны деревьев задерживают до 95% приходящей суммарной радиации, очищают воздушную среду.

Внешние панорамы города и его внутреннее пространство необходимо воспринимать в тесной связи с парками, скверами, садами и лесопарками, сформировавшимися уже в середине XIX века: Кольцовский сквер, сквер за кинотеатром «Спартак», Первомайский и Петровский сад, зеленая зона у корпуса ВГУ по проспекту Революции и Технологического университета и т.д.

Сложившаяся структура озеленения центра Воронежа обогащает и украшает город, чего нельзя констатировать в отношении зеленых островков, созданных в других районах города. Рекреационные зоны города активно застраиваются. Ярким примером застройки парковой зоны является парк «Дельфин» с прилегающей сосновой рощей, располагающейся в Железнодорожном районе города. С сентября 2011 года на территории рощи идет строительство жилого комплекса. Как следствие - уничтожен зеленый массив площадью более 5 га. Когда-то «Дельфин» был популярным местом отдыха, но при появлении новых «хозяев», парк превратился в заброшенный пустырь [1]. От красивых, ухоженных пляжей со старых фотографий не осталось и следа (рис.1,2).

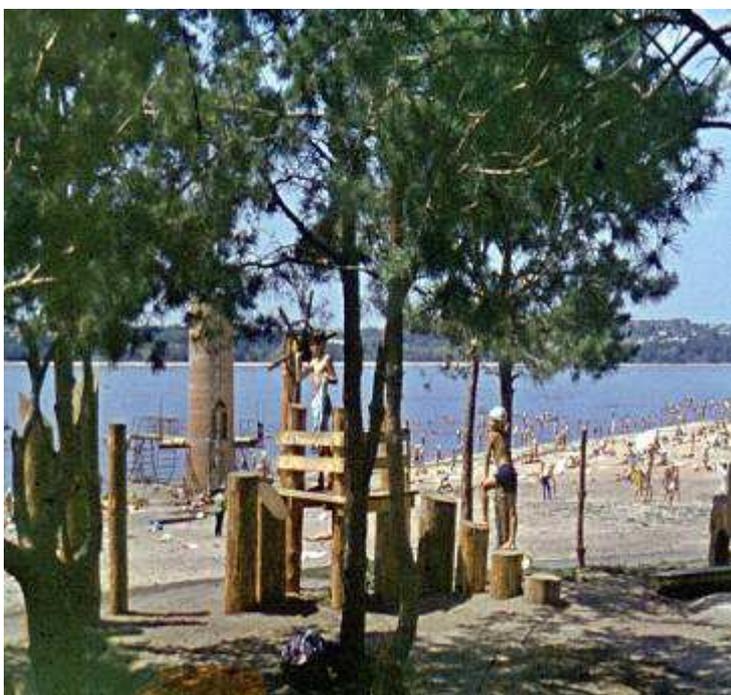


Рис. 1. Пляж парка «Дельфин» 30 лет назад



Рис. 2. Современный вид парка

Еще один парк, «Южный», утратил часть своих территорий, т.к. в декабре 2013 года было принято решение о строительстве культового сооружения (Православной церкви). Учаток земли с зелеными насаждениями был выведен из рекреационной зоны под застройку (рис.3).

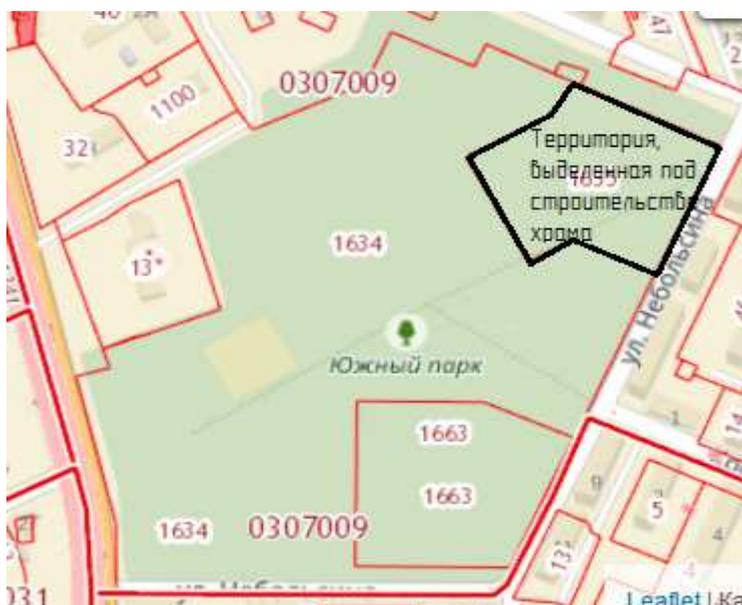


Рис. 3. Границы участка «Южного парка»

Территория «Лесопарка «Оптимистов» является уникальным объектом г.Воронежа, гармонично вписанным в городскую застройку (рис.4). Особенность лесопарка заключается в его значительной территории, покрытой древесной растительностью. Научная ценность этого рекреационного участка заключается в том, что он является важным объектом при изучении влияния городской среды на экологические системы города, а также перспектив дальнейшего применения в паркостроении устойчивых к антропогенной нагрузке зональных растительных организмов.



Рис. 4. Территория лесопарка «Оптимистов»

В пределах парка по Проспекту патриотов по договору 2017 года проектируется спортивно-оздоровительный комплекс, занимающий площадь 0.1440га (рис.5).

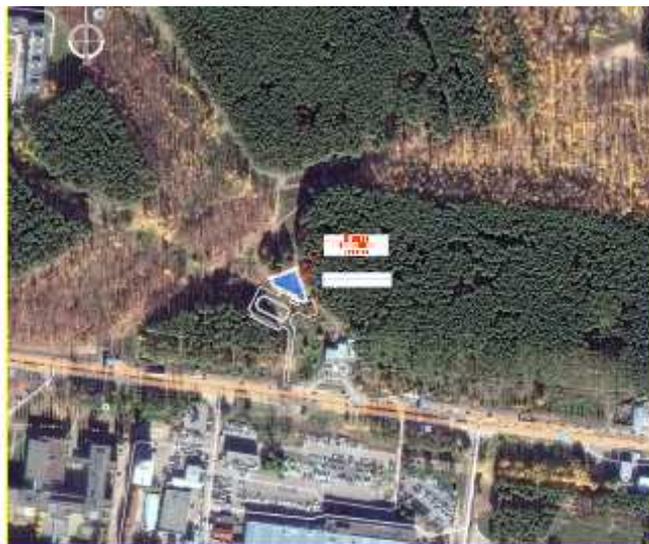


Рис. 5. Размещение Спортивно-оздоровительного комплекса на территории лесопарка «Оптимистов»

Городские зоны отдыха испытывают постоянный «прессинг», в виду использования и выведения территорий для созданий рекреаций в перечень территорий, которые будут застраиваться жилыми и офисными зданиями с соответствующей инфраструктурой.

В настоящее время действует ряд документов, жестко регламентирующих застройку: постановление Правительства об установлении охранных зон объектов культурного наследия, постановление администрации городского округа город Воронеж от 02.03.2016 № 105 и др. [1,3]. Идет работа по внесению изменений в правила землепользования и застройки по предельным параметрам всех территориальных зон, которые еще более детализируют и ужесточают требования. Постановлением администрации городского округа сразу пять парков города получили официальный статус особо охраняемых природных территорий местного значения. Данный статус закреплен за парками «Алые паруса», «Дельфин», «Танаис», «Парк им. Дурова» и «Сквер им. Бунина» [2].

Проведена работа по комплексному экологическому обследованию этих уголков природы среди большого города. Экспертиза подтвердила – данные парки соответствуют требованиям, предъявляемым к особо охраняемым природным территориям. А именно – имеют особое природоохранное, научное, историко-культурное, историческое, эстетическое и оздоровительное значение

Территории парков переведены в городскую собственность. Теперь в них официально запрещены вырубки, захламление, разведение костров, строительство, мойка автомобилей, выгул собак и т.п. Срок действия статуса охраняемых природных территорий не имеет ограничений.

Выводы

Основными проблемами озеленения в городской черте являются: необходимость реконструкции исторических парков и скверов; замена естественного ландшафта на искусственный; высокая плотность и массовость застройки; значительные шумовые нагрузки; комплексное антропогенное воздействие, вызывающее деградацию зелёных насаждений; urba-

низированные насаждения, требующие планового обновления; одновозрастные насаждения способствующие быстрому распространению патологических изменений.

Для разрешения проблем, сложившихся в системе городского озеленения, необходимо не только расширять законодательное поле деятельности, но и осуществлять контроль за исполнением принятых решений. Примеров конструктивного решения вопросов озеленения в городе немало. В 2016 году благоустроены две заброшенные озелененные территории – по улице Орджоникидзе и на пересечении Московского проспекта и улицы Беговой. «Работа по оформлению в муниципальную собственность и приведению в порядок озелененных территорий Воронежа будет продолжена», – отметил первый заместитель главы администрации по городскому хозяйству Сергей Крючков.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 26.12.15 года № 2720-р «Об утверждении плана основных мероприятий по проведению в 2017 году в Российской Федерации "Года особо охраняемых территорий».
2. Постановление администрации городского округа город Воронеж от 02.03.2016 № 105.
3. Закон Воронежской области №114-03 от 20.11.2011.г. «О стратегии социально-экономического развития Воронежской области на долгосрочную перспективу», принят областной Думой 23 июня 2010 года.

References

1. The decree of the RF Government from 26.12.15, No. 2720-R "On approval of the plan of major events to be held in 2017 in the Russian Federation Year particularly Oh-anaemic territories."
2. The resolution of administration of city district the city of Voronezh from 02.03.2016 No. 105.
3. The law of Voronezh oblast № 114-03 from 20.11.2011.g. "On strategy of socio-economic development of the Voronezh region in the long term," adopted on-lustnau Duma on 23 June 2010.1. Sazonov EV Ecology of the urban environment: a training manual. SPb., "GIORD", 2010, 312 sec.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

УДК 625.748.54

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры теплога-
зоснабжения и нефтегазового дела
Д.Н. Китаев
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-21
e-mail: dim.kit@rambler.ru
Канд. техн. наук, доцент кафедры теплога-
зоснабжения и нефтегазового дела
Г.Н. Мартыненко
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-21
e-mail: glen2009@rambler.ru*

*Voronezh State
Technical University
Ph.D.(Engineerin), Assoc Prof. of Depart-
ment of Heat and Gas Supply and Oil and
Gas Business D.N. Kitaev
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-21
e-mail: dim.kit@rambler.ru
Ph.D.(Engineerin), Assoc Prof. of Depart-
ment of Heat and Gas Supply and Oil and
Gas Business G.N. Martynenko
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-21
e-mail: glen2009@rambler.ru*

Д.Н. Китаев, Г.Н. Мартыненко

СЛИВ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

Проведены расчеты времени самотечного слива бензина из различных типов автоцистерн в горизонтальные резервуары АЗС. Найдены экстремальные значения времени слива в зависимости от начального уровня топлива в приемном резервуаре. Получено уравнение в виде полинома третьей степени, позволяющее рассчитывать время самотечного слива бензина в горизонтальные резервуары в зависимости от эксплуатационного объема автоцистерны.

Ключевые слова: автозаправочные станции, автоцистерны, резервуары, самотечный слив.

D.N. Kitaev, G.N. Martynenko

DRAINING OF LIGHT PETROLEUM PRODUCTS AT PETROL FILLING STATIONS

Calculations of the time of gravity discharge of gasoline from various types of road tankers into horizontal tanks of filling stations are carried out. The extremal values of drain time are found depending on the initial level of fuel in the receiving tank. The equation is obtained in the form of a polynomial of the third degree, which allows calculating the time of gravity drain of gasoline into horizontal reservoirs, depending on the operational volume of the autocycle.

Keywords: filling stations, tank trucks, tanks, gravity drain.

Автозаправочные станции (АЗС) являются неотъемлемой частью инфраструктуры современных городов[1]. Исследованиями отечественных авторов установлено, что самым длительным этапом транспортного процесса доставки топлива является разгрузка автомобиля на АЗС. На этот этап приходится более 33% рабочего времени. Длительный простой вы-

зван применяемой технологической схемой и наличием операций по контролю качества и количества нефтепродукта перед разгрузкой каждой секции полуприцепа цистерны. Одно из важнейших значений на этом этапе составляет время слива нефтепродукта. Знание этого параметра позволит составить оптимальные графики загрузки бензовозов[2].

Особую проблему для крупных городов представляют выбросы паров углеводородного топлива на АЗС при сливе нефтепродуктов в резервуары — так называемые «большие дыхания». Годовые потери нефтепродуктов от «больших дыханий» составляют по нефтеперерабатывающей отрасли России примерно 270 тыс. т, в т.ч. более 140 тыс. т на АЗС. «Большие дыхания» приводят к экономическому ущербу из-за потерь паров углеводородного топлива, увеличению экологической опасности и взрывоопасности АЗС [3,4]. Параметр времени слива нефтепродуктов из автоцистерн является важным при разработке и обосновании методики оценки экологической опасности от сети автомобильных заправочных станций.

Расчет времени самотечного слива топлива из автоцистерн в резервуары разного объема под уровень достаточно сложен [4]. На практике возникает необходимость численной реализации алгоритма на ЭМВ.

Время полного слива автоцистерны τ , с находится по формуле

$$\tau = \frac{\pi L_{ц} AB}{f_m v_{cp}}, \quad (1)$$

где $L_{ц}, A, B$ — длина, большая и малая ось эллипсоидной автоцистерны соответственно, м;
 f_m — площадь сечения сливного трубопровода, м²;
 v_{cp} — средняя скорость нефтепродукта в приемном трубопроводе, м/с.

Определяющее значение в выражении (1) играет скорость, которая определяется как среднее арифметическое начальной и конечной скорости слива. Скорость слива является нестационарной величиной, так как с течением времени изменяется уровень жидкости, как в автоцистерне, так и в приемном резервуаре, может изменяться режим движения.

В процессе расчета времени слива приходится решать трансцендентные уравнения вида[5]

$$\frac{V}{d_p^2 L_p^2} = 0,25 \arcsin 2\sqrt{\bar{z}(1-\bar{z})} - (0,5 - \bar{z})\sqrt{\bar{z}(1-\bar{z})} \text{ при } \bar{z} < 0,5; \quad (2)$$

$$\frac{V}{d_p^2 L_p^2} = 0,25 \left[\pi - \arcsin 2\sqrt{\bar{z}(1-\bar{z})} + 4(\bar{z} - 0,5)\sqrt{\bar{z}(1-\bar{z})} \right] \text{ при } \bar{z} \geq 0,5, \quad (3)$$

где V — изменяющийся объем нефтепродукта в резервуаре, м³;
 d_p, L_p — диаметр и длина приемного цилиндрического резервуара, м;
 \bar{z} — относительный уровень в резервуаре.

С целью реализации алгоритма расчета самотечного слива светлых нефтепродуктов, была создана программа на алгоритмическом языке Visual Basic for Application (VBA) [6], реализующая разветвленный циклический алгоритм.

Перед расчетом по алгоритму предварительно определялся максимально возможный начальный уровень топлива в приемном резервуаре $z_p(0)_{max}$. Значение $z_p(0)_{max}$ находилось из условия, что сумма объемов жидкости при начальном уровне $V(0)$ и эксплуатационного объема автоцистерны $V_{экс}$ не должны превышать объем резервуара:

$$V(0) + V_{экс} \leq V. \quad (4)$$

Задача отыскания значения $z_p(0)_{max}$ решалась методом подбора для каждого типа автоцистерны и резервуаров.

В таблице представлены результаты расчетов основных параметров самотечного слива для двух типов автоцистерн: максимальное τ_{max} , минимальное τ_{min} и осредненное τ_{cp} время

опорожнения автоцистерны; начальные уровни топлива $z_p(0)_{\text{экс}}$, $z_p(0)_{\text{max}}$ в приемных резервуарах, обеспечивающие минимальное и максимальное время слива соответственно.

По данным таблицы можно сделать следующие выводы. Максимальное и минимальное время слива отличаются незначительно для каждого резервуара и можно пользоваться осредненными значениями. При увеличении объемов приемных резервуаров уменьшается разница экстремальных значений времени слива. При увеличении объема резервуара время слива уменьшается.

Таблица

Параметры слива для автоцистерн в резервуары

Объем резервуара, $V, \text{м}^3$	Максимальное время слива, $\tau_{\text{max}}, \text{мин}$	Среднее время слива, $\tau_{\text{cp}}, \text{мин}$	Минимальное время слива, $\tau_{\text{min}}, \text{мин}$	$z_p(0)_{\text{экс}}, \text{м}$	$z_p(0)_{\text{max}}, \text{м}$
АЦ-4					
5	9,51	9,33	9,201	0,35	0,53
10	7,93	7,79	7,7	0,8	1,38
25	7,12	7,02	6,958	1,2	2,15
50	6,88	6,80	6,769	1,3	2,4
АЦ-10					
10	49,8	48,93	48,25	0,3	0,48
25	40,2	39,44	39,003	1	1,6
50	37,82	37,29	45,942	1,3	2,17

По результатам расчета было найдено уравнение в виде полинома степени $k=3$, позволяющее определять значение безразмерной высоты заполнения резервуара \bar{z} в интервале $0,1281 \leq \bar{z} \leq 0,9823$ в зависимости от расчетного комплекса $Y = V/d_p^2/L_p$ для всех рассмотренных типов автоцистерн и приемных резервуаров:

$$\bar{z} = 0,0372 + 1,6368Y - 1,7821Y^2 + 1,5495Y^3. \quad (5)$$

На рисунке представлена зависимость среднего времени слива бензина τ_{cp} от эксплуатационного объема автоцистерны $V_{\text{экс}}$ (сплошная линия), построенная на основе проведенных расчетов по осредненным данным.

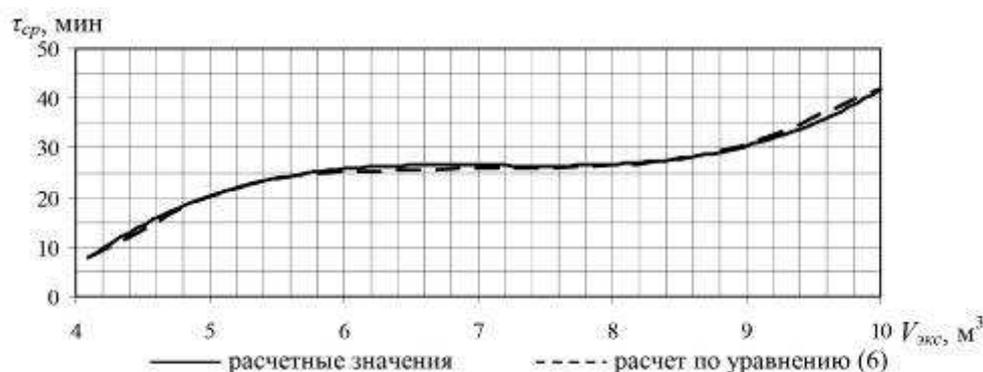


Рис. Зависимость времени самотечного слива бензина от объема автоцистерны

Было получено аппроксимационное уравнение с доверительной вероятностью $p=0,95$, позволяющее рассчитывать время самотечного слива бензина в горизонтальные резервуары емкостью от 5 до 50м^3 в зависимости от эксплуатационного объема автоцистерны $V_{\text{экс}}$:

$$\tau_{\text{cp}} = -224,849 + 106,129V_{\text{экс}} - 14,901V_{\text{экс}}^2 + 0,6955V_{\text{экс}}^3 \quad (6)$$

Выводы

1. Для каждого типа автоцистерны и сортамента резервуаров найдены среднее, максимальное и минимальное время слива при соответствующих начальных уровнях в резервуарах.
2. Найдена универсальная зависимость безразмерной высоты заполнения резервуара \bar{z} от расчетного комплекса Y в виде полинома третьей степени, необходимая для расчетов времени слива.
3. Получено аппроксимационное уравнение в виде полинома третьей степени, позволяющее рассчитывать время самотечного слива бензина в горизонтальные резервуары емкостью от 5 до 50 м³ в зависимости от эксплуатационного объема автоцистерны.

Библиографический список

1. Комплексное развитие систем коммунальной инфраструктуры муниципального образования: монография / В.Н. Семенов, Д.Н. Китаев, П.Г. Грабовый и др.; под общ.ред. В.Н. Семенова/ Изд-во Воронежского ГАСУ, 2010. – 135с.
2. Кодиленко, А.С. Исследование транспортного процесса при доставке светлых нефтепродуктов на автозаправочные станции / А.С. Кодиленко, С.А. Ширяев, И.М. Рябов, П.Ю. Привалов// Молодой ученый. – 2016. - №29(133). – Том 1. – С. 90-93.
3. Мякинин, А.С. Автозаправочные станции, расположенные на городских территориях, как объект экологической опасности / А.С. Мякинин, Э.С. Косицына, О.А. Ганжа// Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. – 2010. - №18(37). – С.149-152.
4. Васильев, И.Е. Влияние вязкости перекачиваемой среды на характеристики магистральных нефтяных насосов / И.В. Васильев, Д.Н. Китаев, Е.П. Коротких, Т.О. Маслова// Молодой ученый. – 2017. – №9(143). – Том 1.– С. 42-45.
5. Тугунов, П.И. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов: учеб. пособие для вузов / П.И. Тугунов [и др.] – Уфа: ООО «Дизайн-Полиграф Сервис», 2002. – 658 с.
6. Русанов, Н.А. Расчет времени самотечного слива светлых нефтепродуктов на автозаправочных станциях /Н.А. Русанов, Д.Н. Китаев// Градостроительство, инфраструктура, коммуникации. – 2017. – №2(7). – С.12-17.
7. Китаев, Д.Н. Интерполяционные полиномы теплоемкостей идеальных газов /Д.Н. Китаев, О.А. Цуканова// Молодой ученый. – 2008. - №1. – С.7-13.

References

1. Complex development of municipal infrastructure systems of a municipal formation: monograph / V.N. Semenov, D.N. Kitaev, P.G. Grabovoi and others; Under obs.red. V.N. Semenova / Publishing house of Voronezh State Agricultural Academy, 2010. – 135p.
2. Kodilenko, A.S. Investigation of the transport process in the delivery of light oil products to gas stations / A.S. Kodilenko, S.A. Shiryaev, I.M. Ryabov, P.Yu. Privalov // The young scientist. - 2016. - No. 29 (133). - Volume 1. - P. 90-93.
3. Myakinin, A.S. Petrol stations located in urban areas, as an object of environmental danger / A.S. Myakinin, E.S. Kositsyna, O.A. Ganja // Bulletin of VolgGASU. Series: Construction and Architecture - 2010. - №18 (37). - P.149-152.
4. Vasiliev, I.E. Influence of viscosity of pumped medium on characteristics of main oil pumps / I.V. Vasiliev, D.N. Kitaev, E.P. Korotkikh, T.O. Maslova // Young Scientist.- 2017. - No. 9 (143). - Volume 1.- Pp. 42-45.
5. Tugunov, P.I. Typical calculations for the design and operation of oil depots and oil pipelines: Textbook. Allowance for universities / P.I. Tugunov [and others] - Ufa: Design-Polygraph Service Ltd., 2002. - 658p.
6. Rusanov, N.A. Calculation of the time of gravity discharge of light oil products at gasoline stations / N.A. Rusanov, D.N. Kitaev // Urban planning, infrastructure, communications. - 2017. - №2 (7). - Pp.12-17.
7. Kitaev, D.N. Interpolation polynomials of specific heat of ideal gases. D.N. Kitaev, O.A. Tsukanova // The young scientist. - 2008. - №1. - Pp.7-13.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры теплога-
зоснабжения и нефтегазового дела
Д.Н. Китаев*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-21
e-mail: dim.kit@rambler.ru*

*Канд. техн. наук, доцент кафедры гидрав-
лики, водоснабжения и водоотведения*

В.Ю. Хузин

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-21
e-mail: v.huzin@mail.ru*

*Канд. техн. наук, профессор кафедры жи-
лищно-коммунального хозяйства*

Т.В. Щукина

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-21
e-mail: schukina.niki@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University*

*Ph.D.(Engineerin), Assoc Prof. of Depart-
ment of Heat and Gas Supply and Oil and
Gas Business D.N. Kitaev*

*Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-21
e-mail: dim.kit@rambler.ru*

*Ph.D.(Engineerin), Assoc Prof. of Depart-
ment of the Hydraulics, Water Supply and
Wastewater Department V.Yu. Khuzin*

*Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-21
e-mail: v.huzin@mail.ru*

*Ph.D.(Engineerin), Professor of the Depart-
ment of Housing and Communal Services*

T.V. Shchukina

*Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-21
e-mail: schukina.niki@yandex.ru*

Д.Н. Китаев, В.Ю. Хузин, Т.В. Щукина

ОСТЫВАНИЕ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ

Рассчитаны температуры воды при охлаждении в стальных неизолиро-
ванных горизонтальных трубопроводах различных диаметров с течением
времени, используемых в системах горячего водоснабжения зданий. Устано-
влено, что наиболее интенсивно охлаждение воды в трубопроводах происхо-
дит в течение первых 2-3-х часов после прекращения циркуляции. За 8 часов
температура воды может стать равной температуре окружающей среды.

Ключевые слова: горячее водоснабжение, трубопроводы, потери тепла, теплопередача, ко-
эффициент теплоотдачи, жилищно-коммунальное хозяйство.

D.N. Kitaev, V.Yu. Khuzin, T.V. Shchukina

WATER TREATMENT IN HOT WATER SUPPLY SYSTEMS OF BUILDINGS

The water temperatures for cooling in steel uninsulated horizontal pipelines
of various diameters over time used in hot water supply systems of buildings have
been calculated. It is established that the most intensive cooling of water in pipe-
lines occurs within the first 2-3 hours after the circulation ceases. For 8 hours the
water temperature can become equal to the ambient temperature.

Keywords: hot water supply, pipelines, heat loss, heat transfer, heat transfer coefficient, housing
and communal services.

В настоящее время в нашей стране уделяется большое внимание вопросам жилищно-
коммунального хозяйства, повышению энергоэффективности его функционирования, след-
ствием чего становится повышение качества предоставления коммунальных услуг населе-

нию [1]. Тем не менее, потребителям приходится сталкиваться с некачественными услугами по горячему водоснабжению [2]. Согласно действующим нормативам эксплуатации и санитарно-эпидемиологическим нормам, температура горячей воды в местах водоразбора должна быть не менее 60°C. К сожалению такие температуры не всегда выдерживаются. Одной из причин ненормативных температур в местах водоразбора, является нарушение, а в ряде случаев отсутствие циркуляции воды в системе [3].

Проживающие в многоквартирных домах при отсутствии циркуляции в системе горячего водоснабжения, вынуждены сливать охлажденную воду и платить за нее. При определении потерь тепла трубопроводами необходимо знать температуру воды в системе в зависимости от времени отсутствия циркуляции. Изменение температуры теплоносителя при отсутствии движения необходимо знать при регулировании системы отопления пропусками, а также для оценки потенциала энергосбережения в системах горячего водоснабжения. В настоящее время отсутствует инженерная методика расчета потерь тепла и воды от остановки циркуляции в системах горячего водоснабжения, что делает затруднительным обоснование убытков, от некачественного предоставления коммунальной услуги, при обращении граждан в суды.

Рассмотрим нестационарную задачу охлаждения воды в стальном неизолированном трубопроводе системы горячего водоснабжения [4]. В системе горячего водоснабжения многоквартирных домов диаметры магистралей, проложенных в подвалах, обычно не превышают 150мм, обычно меньше 125мм. Количество теплоты dQ , которое отдаст трубопровод за время $d\tau$ в окружающий воздух, определяется выражением [5]

$$dQ = -c\rho V \left(\frac{dt}{d\tau} \right) d\tau, \quad (1)$$

где c – теплоемкость жидкости;
 ρ – плотность жидкости;
 V – объем трубопровода;
 t – температура воды в трубопроводе.

Согласно закону сохранения энергии, теплота, определяемая уравнением (1), передается окружающему воздуху с температурой t_0 поверхностью трубопровода, имеющей площадь F . Она может быть найдена по формуле

$$dQ = \alpha F (t - t_0) d\tau, \quad (2)$$

где α – коэффициент теплоотдачи.

Закон сохранения энергии примет вид

$$-c\rho V \left(\frac{dt}{d\tau} \right) d\tau = \alpha F (t - t_0) d\tau. \quad (3)$$

Разделив переменные и проинтегрировав, получим выражение

$$\ln(t - t_0) = -\frac{\alpha F \tau}{c\rho V} + C. \quad (4)$$

Задавая начальные условия $\tau = 0$, $t = t_2$, $t_0 = t_6$, находим постоянную интегрирования. В результате получим выражение

$$t = t_6 + (t_2 - t_6) \exp\left(-\frac{\alpha F \tau}{c\rho V}\right). \quad (5)$$

Уравнение (4) позволяет определить температуру воды в трубопроводе с течением времени при отсутствии циркуляции воды.

Температурный режим подвалов не нормируется. Исходя из экспериментальных данных по температурам в подвалах зданий, построенных по типовым проектам, диапазон изменения температуры воздуха в подвалах при расчетах $0 \leq t_6 \leq 25$ °C. Теплоемкость воды при-

нимаем постоянной и равной $c=4187$ Дж/(кг $^{\circ}$ С). Плотность воды будем определять по среднеарифметической температуре t_{cp} между t_2 и t_6 . Плотность воды ρ , кг/м 3 для температур в условиях расчета, может быть определена по формуле

$$\rho = -0,004t_{cp}^2 - 0,058t_{cp} + 1000,98. \quad (6)$$

Определяющее значение при расчетах по формуле (4) имеет коэффициент теплоотдачи α , в общем случае определяемый как сумма коэффициента теплоотдачи конвекцией α_k и излучением α_l , Вт/(м 2 ч $^{\circ}$ С) [6]. В рассматриваемых условиях подвальных помещений с проложенными магистральными сетями горячего водоснабжения, теплоотдача от поверхности трубопроводов в окружающую среду происходит за счет естественной конвекции в неограниченное пространство. Коэффициент теплоотдачи от поверхности трубопровода, проложенного горизонтально, определялся по формуле Нуссельта [6]

$$\alpha_k = 1,164 \sqrt{\frac{t_2 - t_6}{d}}. \quad (7)$$

Коэффициент теплоотдачи излучением определялся по формуле Стефана-Больцмана

$$\alpha_l = \frac{C \left[\left(\frac{273+t_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{273+t_6}{100} \right)^4 \right]}{t_n - t_6}, \quad (8)$$

где C – коэффициент излучения, принятый для стальных поверхностей равным 4,536Вт/(м 2 К 4).

По формулам (5) – (8) были проведены расчеты для одного метра стандартных диаметров стальных труб от 32 до 150 мм. Температура воды t_2 принималась равной 60 $^{\circ}$ С [7]. Температура воздуха t_6 принималась в интервале от 0 до 25 $^{\circ}$ С с шагом в 5 $^{\circ}$ С. В результате были получены температуры горячей воды в зависимости от времени отсутствия циркуляции воды. На рисунке представлены результаты расчета для стального трубопровода наружным диаметром 57мм.

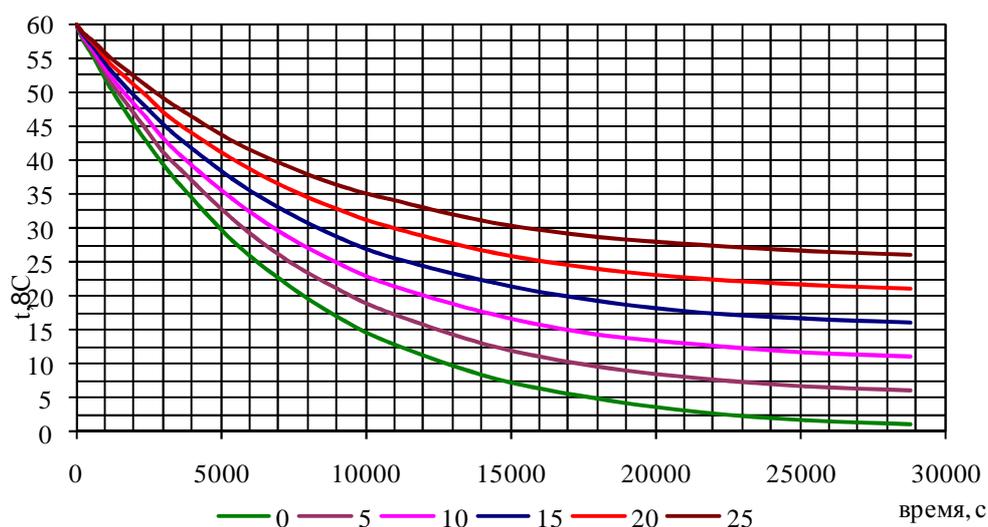


Рис. Изменение температуры воды

Из рисунка следует, что в принятых условиях расчета, температура горячей воды станет практически равной окружающей среде, в среднем за 6-8 часов простоя. Наиболее интенсивное падение температуры наблюдается в первые 2-3 часа отсутствия циркуляции и воз-

можно водоразбора. При температуре окружающей среды 0°C, за первые 2 часа падение температуры составит 38,1°C (температура станет равной 21,9°C). При температуре окружающей среды 25°C, за первые 3 часа падение температуры составит 25,7°C. Подобная ситуация возможна в системах горячего водоснабжения при отсутствии циркуляции воды.

Выводы

1. На основе закона сохранения энергии, получено уравнение, позволяющее определить температуру воды в трубопроводе с течением времени при отсутствии движения.
2. По предложенному уравнению рассчитаны температуры воды в стальных неизолированных горизонтальных трубопроводах различных диаметров, используемых в системах горячего водоснабжения зданий.
3. Проведенные расчеты позволили установить, что наиболее интенсивно охлаждение воды в трубопроводах происходит в течение первых 2-3-х часов после прекращения циркуляции. За 8 часов температура воды может стать равной температуре окружающей среды.

Библиографический список

1. Комплексное развитие систем коммунальной инфраструктуры муниципального образования: монография / В.Н. Семенов [и др.]. Изд-во Воронежского ГАСУ, 2010. – 135с.
2. Семенов, В. Н. Энергосбережение и повышение энергоэффективности для объектов социальной сферы / В.Н. Семенов, Д.Н. Китаев, Т.В. Щукина, Д.Ю. Королев // Энергосбережение. – 2010. - №6. – С. 38-43.
3. Семенов, В.Н. Влияние энергосберегающих технологий на развитие тепловых сетей / В.Н. Семенов, Д.Н. Китаев, Э.В. Сазонов, Т.В. Щукина // Известия Вузов Строительство. – 2013. - №8(656). – С.78-83.
4. Черных, Е.М. Математическая модель конвективного теплопереноса при зарядке теплового аккумулятора / Е.М. Черных, Д.Н. Китаев // Вестник Воронежского государственного технического университета. Серия «Энергетика». 2007. - Том 3. - №6. – С.124-128.
5. Теплотехника. Под ред. А.П. Баскакова. – М.: Энергоатомиздат. – 1991. – 224с.
6. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 472с.
7. Китаев, Д.Н. Охлаждение воды в трубопроводах системы горячего водоснабжения при отсутствии циркуляции / Д.Н. Китаев, В.Ю. Хузин // Градостроительство, инфраструктура, коммуникации. – 2017. - №1(6). – С. 9-13.

References

1. Comprehensive development of municipal infrastructure of the municipality: Monograph / V.N. Semenov [et al.]. Publishing house Voronezh GASU, 2010. – 135p.
2. Semenov, V.N. Energy conservation and energy efficiency improvements for social facilities / V.N. Semenov, D.N. Kitaev, T.V. Shchukina, D. Y. Korolev // Energy saving. - 2010. - №6. - P. 38-43.
3. Semenov, V.N. Effect of energy-saving technologies in the development of thermal networks / V.N. Semenov, D.N. Kitaev, E.V Sazonov, T.V. Shchukina // Proceedings of Universities Building. - 2013. - №8 (656). - P.78-83.
4. Chernyh, E.M. A mathematical model of convective heat transfer heat while charging the battery / E.M. Chernyh, D.N. Kitaev // Bulletin of Voronezh State Technical University. "Energy" series. 2007. - Volume 3. - №6. - P.124-128.
5. Heat engineering. A.P. Baskakov. - M.: Energoatomisdat. - 1991. - 224p.
6. Sokolov, E.Y. District heating and heat networks. - M.: MEI Publishing, 1999. – 472p.
7. Kitaev, D.N. Water cooling in pipelines of hot water supply system in the absence of circulation / D.N. Kitaev, V.Yu. Khuzin // Urban planning, infrastructure, communications. - 2017. - №1(6). - P. 9-13.

*Воронежский государственный
технический университет
Старший преподаватель кафедры
теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Н.В. Колосова
Доцент кафедры теплогазоснабжения и
нефтегазового дела
Кузнецова Г.А.
Россия, г. Воронеж, тел. +7(4732) 71-53-21
e-mail: kolosnv@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Senior teacher of the department of heat and
gas supply and oil and gas business
N.V. Kolosova
Associate professor of the department of heat
and gas supply and oil and gas business
G.A. Kuznetsova
Russia, Voronezh, tel. +7(4732) 71-53-21
e-mail: kolosnv@yandex.ru*

Н.В. Колосова, Г.А. Кузнецова

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Целью исследований, выполненных в данной работе, является разработка методики расчета противодымной вытяжной вентиляции, обеспечивающей предотвращение задымления при пожаре путей эвакуации из помещений и здания в целом. Получены аналитические зависимости, позволяющие провести инженерные вычисления для определения исходных данных с последующим расчетом вентиляционной системы, обеспечивающей удаление продуктов горения из помещений горящего здания.

Ключевые слова: вытяжная вентиляция, аэродинамический расчет противодымной вентиляции

N.V. Kolosova, G.A. Kuznetsova

METHODOLOGY OF CALCULATING ANTI-AIR EXHAUST VENTILATION

The purpose of the research carried out in this work is the development of a methodology for calculating smoke exhaust ventilation, which prevents smoke from escaping from the premises and the building as a whole during fire. Analytical dependencies are obtained allowing engineering calculations to be performed to determine the initial data, followed by the calculation of the ventilation system that ensures the removal of combustion products from the premises of a burning building.

Keywords: exhaust ventilation, aerodynamic calculation of smoke ventilation

При пожаре над очагом возгорания образуется восходящий поток, который называется конвективной струей или колонкой. Газы, поднимающиеся в конвективной колонке, достигают потолка и растекаются вдоль него, образуя припотолочный слой. При ограниченной площади пожара с течением времени массовый расход дыма G_k , поступающего в припотолочный слой из конвективной колонки, становится приблизительно постоянным. Для обеспечения постоянной высоты незадымляемой зоны необходимо, чтобы массовый расход $G_{вых}^d$ удаляемого из горящего помещения дыма был равен массовому расходу поступающих из конвективной колонки газов. Расчет противодымной вытяжной вентиляции заключается в определении технических характеристик дымоудаляющих устройств,

обеспечивающих равенство $G_{вых}^0 = G_k$ при задаваемой высоте незадымляемой зоны. Предлагаемая автором последовательность аналитических зависимостей для определения G_k и расчета вытяжной вентиляции является продолжением исследований [1-4].

Рассмотрим систему дымоудаления с естественным побуждением тяги, обеспечивающей незадымляемую зону в нижней части помещения. Расход дыма, поступающего в припотолочный слой из конвективной колонки, определяется формулой [5]

$$G_k = 0.188 \cdot P_r \cdot \sqrt{h^3}, \quad (1)$$

или

$$G_k = 0.032 \cdot \sqrt[5]{Q_k^3} \cdot h, \quad (2)$$

где P_r – периметр очага возгорания, (м);

h – высота незадымляемой зоны, (м);

Q_k – конвективная составляющая тепловыделения очага возгорания, идущая на нагрев продуктов горения, (Вт).

Конвективная составляющая мощности пожара Q_k определяется равенством [6]

$$Q_k = (1 - \varphi) \cdot \eta \cdot \psi_{уд} \cdot Q_n^p \cdot F_{пож}, \quad (3)$$

где φ – коэффициент, определяющий долю тепла от очага возгорания, поглощаемого ограждающими конструкциями, который принимает значения от 0.25 до 0.5;

η – коэффициент полноты сгорания ($\eta = 0.85-0.9$);

$\psi_{уд}$ – удельная скорость выгорания (количество горючего вещества, выгорающего на квадратном метре за единицу времени), ($кг/(с \cdot м^2)$);

Q_n^p – рабочая теплота (наименьшее значение) сгорания горючего вещества, (Дж/кг);

$F_{пож}$ – площадь горения пожарной нагрузки, ($м^2$).

В формуле (3) выражение, стоящее после скобок, определяет мощность тепловыделения очага пожара $Q_{пож}$ (Вт) [6]

$$Q_{пож} = \eta \cdot \psi_{уд} \cdot Q_n^p \cdot F_{пож}, \quad (4)$$

которая в некоторых случаях является известной величиной (например, для одной единицы горящего легкового автомобиля она составляет 4.5 – 5.0 МВт). В этом случае конвективную составляющую мощности пожара можно определить по формуле

$$Q_k = (1 - \varphi) \cdot Q_{пож}, \quad (5)$$

Площадь отверстий, которые требуются для удаления дыма, вычисляется через G_k по формуле

$$S_{вых} = \frac{G_k}{\mu \cdot \sqrt{\rho_d \cdot \Delta P}}, \quad (6)$$

где μ – коэффициент расхода дымоудаляющего устройства (в расчетах принимают значение $\mu = 0.64$);

ρ_d – плотность дымовой газовой смеси, ($кг/м^3$);

ΔP – перепад давления внутри помещения и снаружи на уровне проема дымоудаляющего устройства, (Па).

При расположении дымоудаляющего устройства в покрытии помещения величина ΔP определяется равенством

$$\Delta P = g \cdot (H - h) \cdot (\rho_n - \rho_d), \quad (7)$$

где g – ускорение свободного падения, ($м/с^2$);

H – высота помещения, (м);

ρ_n – плотность наружного воздуха, ($кг/м^3$).

Плотности наружного воздуха и дымовой газовой смеси можно вычислить через значения их температур T_n и T_∂

$$\rho_n = \frac{353}{T_n + 273}, \quad \rho_\partial = \frac{353}{T_\partial + 273}, \quad (8)$$

Для систем с естественным побуждением тяги в расчетах температура наружного воздуха берется в соответствии с [7, 8] для теплого периода года. Температура дымовой газовой смеси определяется из уравнения теплового баланса

$$T_\partial = \frac{Q_k}{c_p^\partial \cdot G_k} + T_n, \quad (9)$$

где c_p^∂ – удельная изобарная теплоемкость дымовой газовой смеси, (Дж/(кг·К)).

Если объем горящего помещения не превышает 10^4 м^3 , то температуру и физические свойства дымовой газовой смеси в зависимости от преобладающего горящего материала можно принять в соответствии с данными, приведенными ниже в таблице.

Таблица

Физические свойства дымовой газовой смеси

Горючий материал	T_∂ °С	c_p^∂ Дж/(кг·К)	ρ_∂ кг/м ³
Бумажная продукция	220	1097	0.748
Волокнистые вещества	300	1122	0.617
Твердые материалы	450	1168	0.491
Жидкости и газы	600	1214	0.369

Если объем помещения превышает 10^4 м^3 , то среднюю плотность ρ_∂^* можно определить с помощью приближенного равенства

$$\rho_\partial^* = \rho_\partial + \frac{V - 10^4}{200}, \quad (10)$$

где ρ_∂ плотность дымовой газовой смеси при горении материала соответствующего вида в помещении объемом менее 10^4 м^3 , V – объем помещения, (м^3).

Объем удаляемой дымовой газовой смеси за час составит величину

$$W = \frac{3600 \cdot G_k}{\rho_\partial}, \quad (11)$$

где W – объемный часовой расход дыма, ($\text{м}^3/\text{ч}$).

В ходе расчета системы дымоудаления с естественной тягой воздуха по формуле (6) определяются либо площадь дымовых люков в перекрытии, либо площадь открываемых при задымлении с помощью электроприводов оконных проемов, либо площадь устанавливаемых на каналы дымоудаления противопожарных клапанов. Расчет системы дымоудаления с побуждаемой тягой аналогичен расчету вентиляции с естественной тягой, но здесь основными определяемыми величинами являются характеристики вентилятора системы дымоудаления. К ним относятся объемный часовой расход удаляемой задымленной газовой среды W , вычисляемый по формуле (11), и потери давления $\Delta P_{\text{вент}}$ в воздуховодах системы противодымной вентиляции. Последние определяются с помощью аэродинамического расчета аналогично случаю обычной механической вентиляции. Аэродинамический расчет позволяет подобрать необходимое сечение воздуховодов побуждаемой системы дымоудаления.

Конечной целью аэродинамического расчета является определение размеров поперечного сечения воздухопроводов системы удаления задымленной газовой смеси. При этом максимально допустимая скорость движения газов в этих воздухопроводах равна 15 м/с, в практических расчетах скорость удаления дыма принимают от 8 м/с до 12 м/с.

Расчетный объем дымовой газовой смеси, удаляемой вентиляционной сетью за час, определяется равенством

$$W_p = k_n \cdot W_c, \quad (12)$$

где W_p – расчетный объемный часовой расход дыма, ($м^3/ч$);

W_c – объемный расход дыма, удаляемый сетью, ($м^3/ч$);

k_n – поправочный коэффициент, принимающий значения от 1,1 до 1,15.

Аналогичным выражением определяются расчетные потери давления

$$\Delta P_p = k_n \cdot \Delta P_c, \quad (13)$$

где ΔP_p – расчетные потери давления, ($Па$);

ΔP_c – потери давления в вентиляционной сети, ($Па$);

Сетевые потери давления ΔP_c складываются из потери давления вдоль трассы воздухопровода из-за трения о стенки каналов (ΔP_{mp}) и потери давления при сопротивлении в отводах, тройниках, крестовинах и т.п. (ΔP_{comp}):

$$\Delta P_c = \Delta P_{mp} + \Delta P_{comp}, \quad (14)$$

В свою очередь потери давления от трения определяются выражением

$$\Delta P_{mp} = 0.5 \cdot f \cdot l \cdot \rho_d \cdot v^2 / d_3, \quad (15)$$

где f – коэффициент трения, зависящий от диаметра и шероховатости стенок воздухопровода, а также скорости движения газовой смеси по каналу;

l – длина рассматриваемого участка воздухопровода, ($м$);

v – скорость движения газовой смеси на рассматриваемом участке воздухопровода, ($м/с$);

d_3 – эквивалентный диаметр на рассматриваемом участке воздухопровода, ($м$).

Коэффициент трения f определяется выражением [9]

$$f = 0.11 \cdot 4 \sqrt{\frac{k_3}{d_3} + \frac{68}{Re}}, \quad (16)$$

где k_3 – абсолютная эквивалентная шероховатость поверхности стенок каналов воздухопровода, ($м$);

Re – критерий Рейнольдса, вычисляемый по формуле

$$Re = v \cdot d / \nu_d, \quad (17)$$

где d – диаметр канала воздухопровода, ($м$);

ν_d – кинематическая вязкость задымленной газовой смеси, ($м^2/с$).

Потери давления при местных сопротивлениях определяются формулой

$$\Delta P_{comp} = \sum \xi \cdot \rho_d \cdot v^2 / 2, \quad (18)$$

где $\sum \xi$ представляет собой сумму коэффициентов местных сопротивлений воздухопровода.

Примерная площадь поперечного сечения канала воздухопровода определяется через объемный часовой расход дыма W и скорость движения газовой смеси v на рассматриваемом участке воздухопровода равенством

$$S_{np} = \frac{W}{3600 \cdot v}, \quad (19)$$

Типовые поперечные размеры и соответствующие толщины стенок каналов воздухопроводов регламентированы СНиП [7] (таблица П.1). Подобрать с помощью таблицы П.5 геометрические размеры воздухопровода с фактической площадью поперечного сечения S_f , наиболее приближенной к S_{np} , необходимо вычислить фактическую скорость в воздухопроводе

$$v = \frac{W}{3600 \cdot S_{\phi}}, \quad (20)$$

которая и подставляется в представленные выше формулы (15) и (18). При этом эквивалентный диаметр d_3 на рассматриваемом участке воздуховода равен диаметру поперечного сечения в случае цилиндрической формы воздуховода, а в случае прямоугольного поперечного сечения размером $a \times b$ вычисляется по формуле

$$d_3 = 2 \cdot a \cdot b / (a + b), \quad (21)$$

В общем случае расход воздуха в цилиндрическом и прямоугольном воздуховоде с эквивалентным диаметром при равенстве скоростей не совпадают.

Значение входящей в формулу (16) абсолютной эквивалентной шероховатости стенок воздухопроводов зависит от материала, из которого выполнен воздухопровод: для листовой стали $k_s = 0.1$ мм; для шлакобетонных плит $k_s = 1.5$ мм; для каналов в стенах из кирпичной кладки с оштукатуренной поверхностью k_s принимает значения от 3.0 мм до 6.0 мм; если кирпичная кладка каналов не оштукатурена, то k_s принимает значения от 5.0 мм до 10.0 мм.

Необходимо отметить, что в формулах (15) и (18) потери давления в воздуховодах зависят от плотности дымовой газовой смеси ρ_d , имеющей существенные отличия в меньшую сторону от плотности воздуха при комнатной температуре, что требует обязательного учета в расчетах. В ходе расчета желательно, чтобы по мере приближения к вытяжному вентилятору скорости движения газовой смеси на участках воздуховода возрастали. При аэродинамических расчетах помимо нормирующих документов в качестве справочной литературы можно использовать источники [9 - 11].

Выводы

Расчетный режим работы системы дымоудаления предполагает удаление из помещений задымленную газовую смесь из продуктов горения и воздуха, который поступает в конвективную колонку над очагом возгорания. Но часто наблюдаются другие режимы работы противодымной вентиляции, резко снижающие эффективность ее работы. В случае системы дымоудаления с естественным побуждением при большой разнице температур воздуха снаружи помещения и газовой смеси в припотолочном слое холодный воздух под нижней границей дымовой завесы начинает поступать в дымоудаляющий проем под действием подъемных сил и перепада давлений снаружи и внутри помещения. В случае системы дымоудаления с механическим побуждением аналогичный эффект наблюдается при достаточно большой скорости газового потока на входе в дымоудаляющий проем из-за работы вентилятора. В итоге из помещения удаляется холодный воздух, который к тому же является препятствием для удаления продуктов горения. В зарубежной литературе этот нерасчетный режим работы системы дымоудаления получил название «plugholing» [12]. В отечественных источниках начальные исследования этого нежелательного эффекта в работе противодымной вентиляции представлены работами профессора С.В. Пузача и его учеников [13, 14].

В данной работе представлены несложные инженерные решения в аналитической форме, которые без привлечения ПЭВМ и специализированных программных комплексов позволяют определить исходные данные для расчета вентиляционных систем в зависимости от состояния газовой среды в рассматриваемом помещении и оптимизировать расчет параметров системы дымоудаления, сводящей нежелательный эффект поступления холодного воздуха в дымоудаляющий проем к минимуму.

Библиографический список

1. Колодяжный С.А., Колосова Н.В., Переславцева И.И. Аналитический расчет основных параметров противодымной вентиляции зданий // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2016, № 1 (41). – С. 131-138.
2. Колодяжный С.А., Колосова Н.В. Методика расчета противодымной приточной вентиляции // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015, № 3 (60). – С. 46-51.
3. Колодяжный С.А., Колосова Н.В. Расчет противодымной вентиляции помещений многофункционального назначения // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2016, № 4 (5). – С. 22-30.
4. Колодяжный С.А., Колосова Н.В. Расчет параметров приточно-вытяжной вентиляции для защиты зданий от распространения дыма при пожаре// Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015, № 3 (20). – С. 68-76.
5. Рекомендации по расчету вентиляционных систем противодымной защиты общественных зданий. – М.: ООО «Веза», 2008.
6. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учеб. пособие. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.
7. СНИП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Введ. 28.11.91. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 119 с.
8. СНИП 41-01-03. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 54 с.
9. Справочник проектировщика. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – М., 1992. – 416 с.
10. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: жилые здания со встроенно-пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи: справочное пособие. – М.: Пантори, 2003. – 308 с.
11. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М. Хрусталева. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 576 с.
12. Loughheed G. D. Basic Principles of Smoke Management for Atriums // Construction Technology Update. – 2000. – N. 47. – P. 1-6.
13. До Т. Т., Пузач С. В. Снижение эффективности системы дымоудаления с искусственным побуждением при возникновении «поддува» // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24. – № 5. – С. 54-61.
14. До Т. Т., Пузач С. В., Пузач В. Г. Термогазодинамические условия возникновения захвата холодного воздуха системой дымоудаления с естественным побуждением при пожаре в помещении// Тепловые процессы в технике. – 2015. – Т. 7. – № 3. – С. 117-125.

References

1. Kolodyazhny S.A., Kolosova N.V., Pereslavl'tseva I.I. Analytical calculation of the main parameters of smoke ventilation of buildings // Scientific herald of Voronezh State Architectural and Construction University. Construction and architecture. 2016, No. 1 (41). - P. 131-138.
2. Kolodyazhny S.A., Kolosova N.V. Methodology of calculation of smoke ventilation // News of the South-Western State University. - 2015, No. 3 (60). - P. 46-51.
3. Kolodyazhny S.A., Kolosova N.V. Calculation of smoke ventilation of multifunctional premises // Urban planning. Infrastructure. Communications. - 2016, No. 4 (5). - P. 22-30.

4. Kolodyazhny S.A., Kolosova N.V. Calculation of the parameters of supply and exhaust ventilation for protecting buildings from the spread of smoke in a fire // Scientific journal. Engineering systems and facilities. - 2015, No. 3 (20). - P. 68-76.
5. Recommendations for the calculation of ventilation systems smoke protection of public buildings. - M.: OOO "Veza", 2008.
6. Koshmarov Yu.A. Forecasting of dangerous factors of fire in the room: Textbook. Allowance. - M.: Academy of the State Fire Service of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2000. - 118 p.
7. SNiP 2.04.05-91*. Heating, ventilation and air conditioning. - Enter. 28.11.91. - Moscow: Publishing Standards, 1991. - 119 p.
8. SNiP 41-01-03. Heating, ventilation and air conditioning. - M.: ГYПЦЦПЦП, 2003. - 54 with.
9. Handbook of the designer. Part 3. Ventilation and air conditioning / Ed. N.N. Pavlova and Yu.I. Schiller. - M., 1992. - 416 p.
10. Heating, ventilation and air conditioning: residential buildings with built-in public buildings and parking. Cottages: reference manual. - M.: Pantori, 2003. - 308 p.
11. Heat supply and ventilation. Course and diploma projecting / Ed. Prof. B.M. Khrustaleva. - Moscow: Publishing House of the DIA, 2005. - 576 p.
12. Lougheed G.D. Basic Principles of Smoke Management for Atriums // Construction Technology Update. - 2000. - N. 47. - P. 1-6.
13. Do T.T., Puzach S.V. Decrease in the effectiveness of the smoke removal system with artificial motivation in the occurrence of "blowing" // Fire and explosion safety. - 2015. - T. 24. - No. 5. - P. 54-61.
14. Do T.T., Puzach S.V., Puzach V.G. Thermodynamic and gas-dynamic conditions for the onset of the capture of cold air by a smoke removal system with natural motivation during a fire in a room // Thermal processes in engineering. - 2015. - T. 7. - No. 3. - P. 117-125.

УДК 644.1

Воронежский государственный технический университет

Др. техн. наук, доц. кафедры

теплогазоснабжения и нефтегазового дела

С.Н.Кузнецов

e-mail: kuznetvrn@mail.ru

Канд. техн. наук, доц. кафедры

теплогазоснабжения и нефтегазового дела

А.И.Колосов

e-mail: kolossn@yandex.ru

Канд. техн. наук, доц. кафедры

теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Г.А.Кузнецова

Россия, г. Воронеж, тел. 8(4732) 71-53-21

e-mail: ga_kuzn@mail.ru

Voronezh State

Technical University

Dr. of Tech. Sciences, professor

of department of heat and gas supply and oil

and gas business S.N.Kuznetsov

e-mail: kuznetvrn@mail.ru

Cand. Tech. Sci., associate professor

of department of heat and gas supply and oil

and gas business A.I.Kolosov

e-mail: kolossn@yandex.ru

Cand. Tech. Sci., associate professor

of department of heat and gas supply and oil

and gas business G.A.Kuznetsova

Russia, Voronezh, ph. 8 (4732) 71-53-21

e-mail: ga_kuzn@mail.ru

С.Н. Кузнецов, А.И. Колосов, Г.А. Кузнецова

ВЫБОР СХЕМЫ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ С ДВИЖУЩИМИСЯ ИСТОЧНИКАМИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

При проектировании систем вентиляции производственных помещений с подвижными источниками вредных веществ необходимо выбрать эффективную схему воздухообмена.

На основе нестационарного уравнения турбулентного обмена разработана математическая модель переноса вредного вещества в помещении с движущимся источником.

При движении источников вредных веществ по протяженному помещению в одном направлении наиболее эффективной схемой воздухообмена является схема с движением воздушного потока навстречу источникам. При движении источников вредных веществ в различных направлениях наиболее эффективной является схема воздухообмена с равномерной подачей и удалением воздуха по длине помещения.

Предложенный подход позволяет выбрать схему и величину воздухообмена для помещений с движущимися источниками вредных веществ, наиболее эффективно использующую приточный воздух и повысить эффективность вентиляции.

Ключевые слова: вентиляция, движущийся источник, математическая модель.

S.N. Kuznetsov, A.I. Kolosov, G.A.Kuznetsova

SELECTION OF VENTILATION IN A ROOM WITH A MOVING SOURCE HARMFUL SUBSTANCES

When designing the ventilation systems of industrial premises with moving sources of harmful substances is necessary to choose an effective scheme of ventilation.

Based on the turbulent exchange of non-stationary equation developed a mathematical model of transport of harmful substances in the room with the moving source. When driving hazardous substance sources longest room in one direction most effective air exchange scheme is a scheme with the air flow towards the source. When moving sources of harmful substances in different directions is the most effective air exchange scheme with a uniform supply and removal of air along the length of the room.

The proposed approach allows you to select a scheme and the amount of air to areas with moving sources of harmful substances more effectively utilizing the fresh air and increase the effectiveness of ventilation.

Ключевые слова: ventilation, moving source, mathematical model.

При проектировании систем вентиляции помещений с подвижными источниками вредных веществ встречаются трудности в выборе эффективной схемы воздухообмена вследствие нестационарного характера поля концентрации вредных веществ. Исследование полей концентраций вредных веществ вентилируемых помещений в натуральных условиях или на воздушно-тепловой модели связано, как правило, с большим объемом трудоемких экспериментов [2, 3, 5, 7, 14]. В данной работе для выбора эффективных схем воздухообмена предлагается использовать математическую модель полей концентраций [1, 9, 10, 11, 12, 13].

Рассмотрим вентилируемое помещение относительно большой протяженности и малых поперечных размеров со стационарным распределением воздушных потоков. Разобьем помещение на n конечных объемов. Для каждого конечного объема можно составить дифференциальное уравнение материального баланса по вредности:

$$\frac{dc_i}{dt} + k_i c_i = \frac{g_i(t)}{V_i}, \quad (1)$$

где c_i – концентрация вредного вещества в i – м конечном объеме, мг/м³;
 t – время, с;
 k_i – кратность воздухообмена в i – м конечном объеме, с⁻¹;
 $g_i(t)$ – интенсивность источника вредного вещества, мг/с;
 V_i – объем i -го конечного объема, м³.

Составляя для каждого конечного объема уравнение (1) получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений, которую можно записать в векторно-матричной форме:

$$C' = KC + G, \quad (2)$$

Начальными условиями для решения системы (2) будут значения концентрации в конечных объемах помещения в начальный момент времени C_0 .

Решением системы дифференциальных уравнений (2) является вектор-функция C , описывающая изменение концентраций вредных веществ в n конечных объемах протяженного помещения:

$$C = \int_{t_0}^t e^{(t-\tau)K} G(\tau) d\tau + e^{(t-t_0)K} C_0, \quad (3)$$

Для получения решения необходимо знать матрицу K , характеризующую воздухообмен в протяженном помещении, начальное распределение концентраций вредного вещества в помещении C_0 и вид вектор-функции G , характеризующей выделение вредного вещества источником при его прохождении по конечным объемам.

Пользуясь полученной математической моделью, можно рассчитать концентрации вредных веществ при движении источника вредных веществ по конечным объемам помещения. Пусть источник вредных веществ за время от t_0 до t_1 перемещается по первому конечно-

му объему помещения, от t_1 до t_2 - по второму конечному объему и т.д. Тогда вектор-функция G в различные моменты времени будет иметь различную структуру:

при $t_0 < t < t_1$:

$$G_1 = \begin{pmatrix} g_1^n \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

при $t_1 < t < t_2$:

$$G_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ g_2^n \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

Концентрация вредного вещества для различных временных интервалов будут иметь вид:

при $t_0 < t < t_1$:

$$C = \int_{t_0}^t e^{(t-\tau)K} G_1(\tau) d\tau, \quad (6)$$

при $t_1 < t < t_2$:

$$C = \int_{t_1}^t e^{(t-\tau)K} G_2(\tau) d\tau + e^{(t-t_1)K} \int_{t_0}^{t_1} e^{(t-\tau)K} G_1(\tau) d\tau, \quad (7)$$

Таким образом, полученные решения уравнений математической модели позволяют рассчитать концентрацию вредного вещества при различных режимах систем вентиляции помещения с подвижным источником [4, 6, 8, 15, 16].

Разработанная математическая модель была использована для расчета полей концентраций вредного вещества в тоннеле длиной 100 м, шириной 8 м, высотой 8 м.

Кратность воздухообмена составляла 5 и 2 ч⁻¹, скорость приточного воздуха - 3 м/с. Источник вредного вещества интенсивностью 785 мг/с перемещался по помещению со скоростью 0,2...10 м/с. Число конечных объемов при расчете коэффициента турбулентного обмена принималось равным 20. Исследовались шесть схем организации воздухообмена, наиболее распространенных в практике проектирования протяженных помещений.

Схема воздухообмена 1 - подача всего объема приточного воздуха с одного торца помещения и удаление воздуха с противоположного торца помещения с попутным движением воздуха и источника вредного вещества.

Схема воздухообмена 2 - подача приточного воздуха с двух противоположных торцов помещения по 50% от общего объема притока и удаление воздуха по центру помещения.

Схема воздухообмена 3- подача приточного воздуха аналогично схеме 2, удаление воздуха осуществлялось равномерно по длине помещения.

Схема воздухообмена 4 - подача воздуха происходила равномерно по длине помещения, удаление воздуха аналогично схеме 3.

Схема воздухообмена 5 - подача всего объема приточного воздуха по центру помещения и удаление воздуха аналогично схеме 3.

Схема воздухообмена 6 - подача всего объема приточного воздуха с одного торца помещения и удаление воздуха с противоположного торца помещения со встречным движением воздуха и источника вредного вещества.

Для всех исследуемых схем воздухообмена с использованием разработанной модели проведены расчеты концентраций при различных скоростях движения источника вредного вещества. Зависимость максимальной концентрации вредного вещества в исследуемом объеме от скорости движения источника вредного вещества дана на рис. 1 и 2.

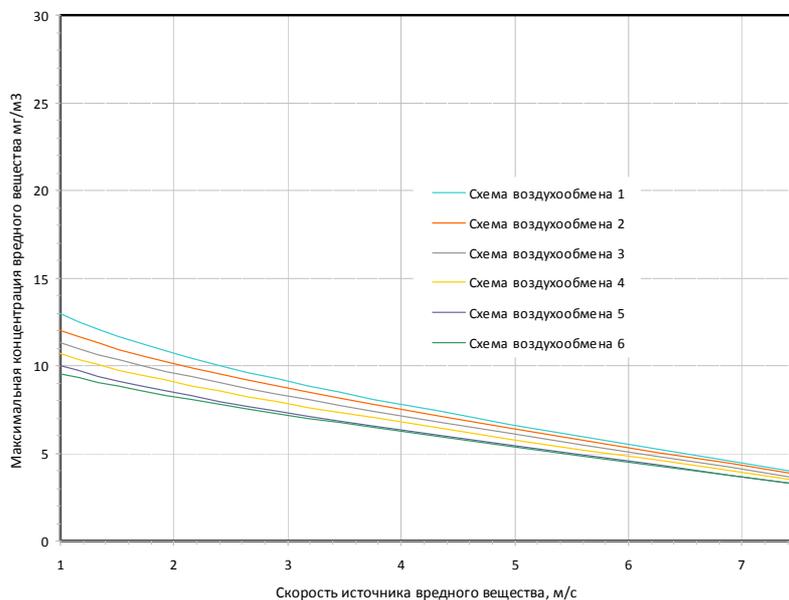


Рис. 1. Зависимость максимальных концентраций вредного вещества от скорости источника для различных схем воздухообмена при кратности воздухообмена 5 ч⁻¹

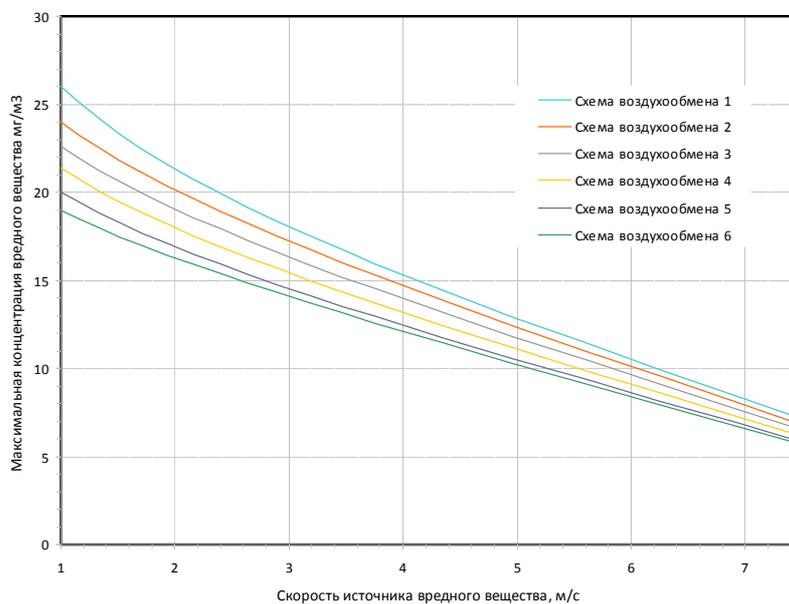


Рис. 2. Зависимость максимальных концентраций вредного вещества от скорости источника для различных схем воздухообмена при кратности воздухообмена 2 ч⁻¹

Полученные результаты показывают, что при однонаправленном движении источника вредного вещества и воздушного потока наблюдается формирование облака повышенных концентраций вокруг источника, что резко усиливает величину максимальных концентраций и, напротив, при встречном движении источника и воздушного потока наблюдается равно-

мерное распределение вредного вещества по длине помещения со сниженными максимальными концентрациями.

При движении источников вредного вещества по протяженному помещению в одном направлении наиболее эффективной схемой воздухообмена является схема 1 с движением воздушного потока навстречу источнику.

При движении источников вредного вещества в различных направлениях наиболее эффективна схема воздухообмена 4.

Разработанная модель была применена для выбора эффективной схемы воздухообмена помещения с движущимися источниками вредного вещества. Выполнен анализ результатов расчетов для шести схем воздухообмена, различных кратностях воздухообмена и скоростях движения источника.

При движении источников вредного вещества по протяженному помещению в одном направлении наиболее эффективной схемой воздухообмена является схема с движением воздушного потока навстречу источникам.

При выборе схем воздухообмена помещений с движущимися источниками вредных веществ следует избегать однонаправленного движения источника и воздушного потока, так как это приводит к формированию облаков с повышенными концентрациями, намного превышающими среднеобъемные.

Предложенный подход позволяет выбрать схему и величину воздухообмена для помещений с движущимися источниками вредных веществ, наиболее эффективно использующую приточный воздух и повысить эффективность общеобменной вентиляции.

Библиографический список

1. Колосов, А.И. Динамическое моделирование как инструмент прогнозирования и планирования мероприятий эксплуатации инженерных систем в неопределенных стохастически развивающихся ситуациях / Колосов А.И., Щербинин Г.И., Свищев О.В., Васильев И.В. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 3 (8). с. 39-43.

2. Колосов, А.И. Математическое моделирование процесса реструктуризации городских систем газоснабжения низкой ступени давления / Колосов А.И., Панов М.Я. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2014. № 2. с. 34.

3. Колосов, А.И. Моделирование потокораспределения на этапе развития структуры городских систем газоснабжения / Колосов А.И., Панов М.Я., Стогней В.Г. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2013. т. 9. № 3-1. с. 56-62.

4. Колосов, А.И. Разработка модели восстановления систем инженерного обеспечения при экстраординарных воздействиях / Колосов А.И. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10. с. 44.

5. Колосов, А.И. Разработка модели ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на инженерных системах энергетики / Колосов А.И., Сотникова О.А. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. т. 2. № 4. с. 27-31.

6. Колосова, Н.В. Ликвидация последствий аварий на объектах инженерных систем теплогазоснабжения / Колосова Н.В., Сенькин К.М., Соля Ю.А., Бочаров В.О. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 3 (8). С. 44-50.

7. Кузнецов, И.С. Алгоритмы поиска оптимальной трассы прокладки автомобильной дороги / Кузнецов И.С., Кузнецова Г.А., Мкртчян А.Г. // Инженерные системы и сооружения. - 2014. -№2(15).-С.73-79.

8. Кузнецов, И.С. Интегрированные карты влияющих факторов для выбора оптимальной трассы автомобильной дороги / Кузнецов И.С., Кузнецова Г.А., Мкртчян А.Г.// Инженерные системы и сооружения. - 2014. -№2(15).-С.67-72.

9. Лобода, А.В. Использование метода конформных отображений для определения полей скоростей воздушных потоков в задачах вентиляции / Лобода А.В., Кузнецов С.Н. // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура- 2011.-№1(21).- С.15-22.
10. Мелькумов, В.Н. Математическое моделирование полей концентраций вредных веществ при производстве строительных материалов / Мелькумов В.Н., Кузнецов С.Н. // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. - 2013. -№1(29). - С. 99-107.
11. Мелькумов, В.Н. Моделирование задымленности помещений сложной конфигурации в начальной стадии пожара / Мелькумов В.Н., Кузнецов С.Н., Гулак В.В. // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. - 2010. -№3(19). - С.131-138.
12. Мелькумов, В.Н. Моделирование процесса ремонта внутридомового газового оборудования / Мелькумов В.Н., Кузнецова Г.А. // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. - 2013. -№1(29). - С.14 -23.
13. Мелькумов, В.Н. Прогнозирование фильтрации газа в грунте при его утечке из подземного газопровода / Мелькумов В.Н., Кузнецов С.Н., Павлюков С.П., Черемисин А.В. // Известия ОрелГТУ. Сер. «Строительство. Транспорт». - 2008. - №3/19(549). - С. 61-65.
14. Павлюков, С.П. Анализ состава и продолжительности эксплуатации газового оборудования / Павлюков С.П., Кузнецова Г.А., Кобелев А.Н.// Инженерные системы и сооружения. - 2012 .-№3(8).-С.16-23.
15. Панов, М.Я. Оперативное управление на основе возмущенного состояния городской системы газоснабжения / Панов М.Я., Мартыненко Г.Н., Колосов А.И. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 4 (44). с. 48-55.
16. Сотникова, О.А. Рациональное послеаварийное восстановление систем теплоснабжения / Сотникова О.А., Колосова Н.В., Шабанов Д.Н. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2010. № 2. С. 121-124.

References

1. Kolosov, A.I. Dynamic modeling as a tool for forecasting and planning of engineering systems operating in uncertain stochastically developing situations / Kolosov A.I., Shcherbinin G.I., Svishchev O.V., Vasiliev I.V. // Scientific journal. Engineering systems and structures. 2012. No. 3 (8). p. 39-43.
2. Kolosov, A.I. Mathematical modeling of the process of restructuring of city gas supply systems low pressure stage / Kolosov A.I., Panov, M.Y. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture. 2014. No. 2. p. 34.
3. Kolosov, A.I. Modeling of flow at the stage of development of the structure of urban supply systems / Kolosov A.I., Panov, M.Y., Stogney V.G. // Bulletin of Voronezh state technical University. 2013. T. 9. No. 3-1. p. 56-62.
4. Kolosov, A.I. the development of the recovery model, systems engineering support, under extraordinary influences / Kolosov A.I. // Bulletin of Voronezh state technical University. 2004. No. 10. p. 44.
5. Kolosov, A.I. Development of a model for elimination of consequences of emergency situations at energy systems engineering / Kolosov A.I., Sotnikova O.A. // Bulletin of Voronezh state technical University. 2006. vol. 2. No. 4. S. 27-31.
6. Kolosova, N.V. Liquidation of consequences of accidents at facilities of the engineering of systems of heat / Kolosova N.V. Senkin K.M., Soya, Y.A., Bocharov V.O. // Scientific journal. Engineering systems and structures. 2012. No. 3 (8). P. 44-50.
7. Kuznetsov, I.S. Algorithms for finding the optimal way of laying of roads / Kuznetsov I.S., Kuznetsova G.A., Mkrtychyan A.G. // Engineering systems and structures. - 2014. №2(15).-P. 73-79.
8. Kuznetsov, I.S. An Integrated map of the influencing factors for selecting the optimal route

of the road / Kuznetsov I.S., Kuznetsova G.A., Mkrtchyan A.G. // Engineering systems and structures. – 2014. №2(15). P. 67-72.

9. Loboda, A.V. The use of the method of conformal mappings to determine velocity fields of air flows in ventilation tasks / Loboda A.V., Kuznetsov S.N. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture - 2011.-№1(21).- P. 15-22.

10. Melkumov, V.N. Mathematical modeling of fields of concentrations of harmful substances in the production of building materials / Melkumov V.N., Kuznetsov S.N. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture - 2013 - №1(29). - S. 99-107.

11. Melkumov, V.N. Modeling of smoke content of premises of complex configuration at initial stage of fire / Melkumov V.N., Kuznetsov S.N., Gulak V.V. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture - 2010 - №3(19). - P. 131-138.

12. Melkumov, V.N. Modeling the repair process in-house gas equipment / Melkumov V.N., Kuznetsova G.A. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture - 2013 - №1(29). - Pp. 14-23.

13. Melkumov, V.N. Prediction of gas filtration in the soil when it leaks from an underground pipeline / Melkumov V.N., Kuznetsov S.N., Pavlyukov S.P., Cheremisin A.V. // News OrelGTU. Ser. "Construction. Transport". - 2008 - №3/19(549). - S. 61-65.

14. Pavlyukov, S.P. Analysis of the composition and duration of operation of gas equipment / Pavlyukov S.P., Kuznetsova G.A., Kobelev A.N. // Engineering systems and structures. - 2012 - №3(8).-P. 16-23.

15. Panov, M.Ya. Operative management on the basis of the disturbed state of the urban gas supply system / Panov M.Ya., Martynenko, G.N., Kolosov A.I. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture. 2016. No. 4 (44). S. 48-55.

16. Sotnikova, O.A. Rational disaster recovery systems of the heat supply / Sotnikova O.A., Kolosova N.V. Shabanov D.N. // Scientific journal. Engineering systems and structures. 2010. No. 2. S. 121-124.

УДК 644.1

Воронежский государственный технический университет

Др. техн. наук, доц. кафедры

теплогазоснабжения и нефтегазового дела

С.Н. Кузнецов

e-mail: kuznetvrn@mail.ru

Канд. техн. наук, доц. кафедры

теплогазоснабжения и нефтегазового дела

А.И. Колосов

e-mail: kolossn@yandex.ru

Канд. техн. наук, доц. кафедры

теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Г.А. Кузнецова

Россия, г. Воронеж, тел. 8(4732) 71-53-21

e-mail: ga_kuzn@mail.ru

Voronezh State

Technical University

Dr. of Tech. Sciences, professor

of department of heat and gas supply and oil

and gas business S.N. Kuznetsov

e-mail: kuznetvrn@mail.ru

Cand. Tech. Sci., associate professor

of department of heat and gas supply and oil

and gas business A.I. Kolosov

e-mail: kolossn@yandex.ru

Cand. Tech. Sci., associate professor

of department of heat and gas supply and oil

and gas business G.A. Kuznetsova

Russia, Voronezh, ph. 8 (4732) 71-53-21

e-mail: ga_kuzn@mail.ru

С.Н. Кузнецов, А.И. Колосов, Г.А. Кузнецова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПОМЕЩЕНИИ С ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ВАННАМИ

Разработка эффективных схем организации воздухообмена в помещении с местными отсосами требует учета характера движения воздуха в помещении, который зависит от выбранного типа воздухораспределения.

Получена двухмерная модель распространения стационарных воздушных потоков в помещении, основанная на системе стационарных уравнений неразрывности и Навье-Стокса с использованием стандартной $k-\varepsilon$ модели турбулентности. Математическая модель и алгоритмы ее решения реализованы на компьютере в виде программы.

Использование разработанной математической модели в практике проектирования позволит выбрать наиболее эффективную схему воздухообмена в помещениях, ускорить процесс проектирования, повысить качество проектных работ и снизить затраты на системы вентиляции.

Ключевые слова: вентиляция, вредные вещества, распределение воздуха, математическая модель.

S.N. Kuznetsov, A.I. Kolosov, G.A.Kuznetsova

MATHEMATICAL MODELING OF VENTILATION IN A PREMISE WITH GALVANIC BATHROOMS

The development of effective schemes for organizing air exchange in a room with local suction requires taking into account the nature of the air movement in the room, which depends on the type of air distribution chosen.

A two-dimensional model for the distribution of stationary air currents in a room is obtained, based on the system of stationary equations of continuity and Navier-Stokes using the standard $k-\varepsilon$ model of turbulence. The mathematical

model and algorithms for its solution are implemented on a computer in the form of a program.

Using the developed mathematical model in design practice will allow choosing the most effective air exchange scheme in premises, speeding up the design process, improving the quality of design work and reducing the cost of ventilation systems.

Keywords: ventilation, harmful substances, air distribution, mathematical model.

Разработка систем вентиляции и кондиционирования воздуха требует исследования распределения воздушных потоков в помещении, что позволяет избежать ошибок на этапе проектирования. Данные о распределении скоростей воздушных потоков можно получить либо путем проведения натуральных измерений в функционирующем помещении, либо путем численного моделирования. Стоимость и трудоемкость натуральных измерений очень высоки, поэтому в настоящее время для решения подобных задач все чаще используют методы математического моделирования [2, 3, 7, 8, 12].

Математическая модель основана на уравнении непрерывности, системе стационарных уравнений Навье - Стокса и уравнениях $k-\varepsilon$ модели турбулентности. Рассмотрим основные уравнения модели [4, 6, 9, 10, 11, 13].

Уравнение непрерывности

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0, \quad (1)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³;
 x_i - пространственные координаты, м;
 x_i - i -я пространственная координата, м;
 u_i - компоненты скорости течения воздуха, м/с.

Уравнения импульса

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right) \right) - \delta_{i3} \rho g + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{u_i' u_j'}), \quad (2)$$

$$-\rho \overline{u_i' u_j'} = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \left(\rho k + \mu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right) \delta_{ij}, \quad (3)$$

где p - давление, Па;
 μ - динамическая вязкость, кг/м·с;
 g - ускорение свободного падения, м/с²;
 k - кинетическая энергия турбулентности, м²/с².

Перенос кинетической энергии турбулентности в стандартной $k-\varepsilon$ модели определяется уравнениями:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_k + G_b - \rho \varepsilon, \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + \rho C_1 S \varepsilon - \rho C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{\mu \varepsilon}} + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} C_{3\varepsilon} G_b, \quad (5)$$

где ε - скорость диссипации энергии турбулентности, м²/с³;
 C - константы модели турбулентности;

μ_t - турбулентная динамическая вязкость, кг/м·с;
 σ_k и σ_ε - турбулентные числа Прандтля для k и ε .

Скорость образования турбулентности

$$G^k = 2\mu_t \left(\sum_i \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right)^2 \right) + \mu_t \left(\sum_{i>j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)^2 \right), \quad (6)$$

$$G^b = \mu_t g \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x_3}, \quad (7)$$

Турбулентная динамическая вязкость определяется уравнением

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}, \quad (8)$$

Для констант k - ε модели турбулентности принимались следующие значения

$$C_{1\varepsilon} = 1,44; C_2 = 1,9; \sigma_k = 1,0; \sigma_\varepsilon = 1,2.$$

Рассматриваются два типа границ: твердые стенки и свободные границы. Твердые стенки считаются адиабатическими. Скорость и кинетическая энергия турбулентности на границе в этом случае равны нулю, для давления выполняются условия Неймана. Коэффициент диссипации турбулентной энергии определяется непосредственно функциями пограничного слоя [1, 5, 14, 15, 16].

На свободной границе давление равно атмосферному, нормальные к свободной поверхности градиенты компонент скорости равны нулю. Для входящего потока это будут условия Дирихле со значениями переменных в окружающей среде, а для выходящего потока - условия Неймана.

Для решения системы уравнений (1-8) использован метод конечных разностей с предварительным расщеплением их по физическим процессам и использованием метода фиктивных областей. Решение строится с помощью двухциклической схемы покомпонентного расщепления с использованием неявной монотонной разностной схемы второго порядка.

Полученные алгоритмы решения уравнений (1-8) реализованы на компьютере в виде программы на языке C++.

При помощи разработанной программы изучалось распространение двухмерных стационарных воздушных потоков в помещении прямоугольной формы.

Помещение имеет ширину 6,0 м и высоту 4,0 м. Воздух подается сверху через воздухо-распределитель шириной 1000 мм со скоростью 0,027 м/с. Удаление воздуха производится из нижней зоны по сторонам помещения через жалюзийные решетки шириной 500 мм со скоростью 0,027 м/с. Таким образом, в помещении обеспечивался четырехкратный воздухообмен. Температура ограждающих конструкций помещения составляла 18 °С. Температура приточного воздуха также составляла 18 °С. Температура гальванической ванны с подогретым раствором составляла 100°С.

Исследовалось два варианта работы систем вентиляции: с использованием не нагретого раствора в гальванической ванне и с использованием нагретого раствора. Расчеты проводились на разностной сетке размером 60 на 40. Результаты численного эксперимента, приведены на рис. 1-4.

Результаты проведенных расчетов показывают, что в помещении на формирование воздушных потоков в помещении значительное влияние оказывают тепловые конвективные струи над гальваническими ваннами с подогретыми растворами.

Получена двухмерная модель распространения стационарных воздушных потоков в помещении, основанная на системе стационарных уравнений неразрывности и Навье-Стокса с использованием стандартной k - ε модели турбулентности.

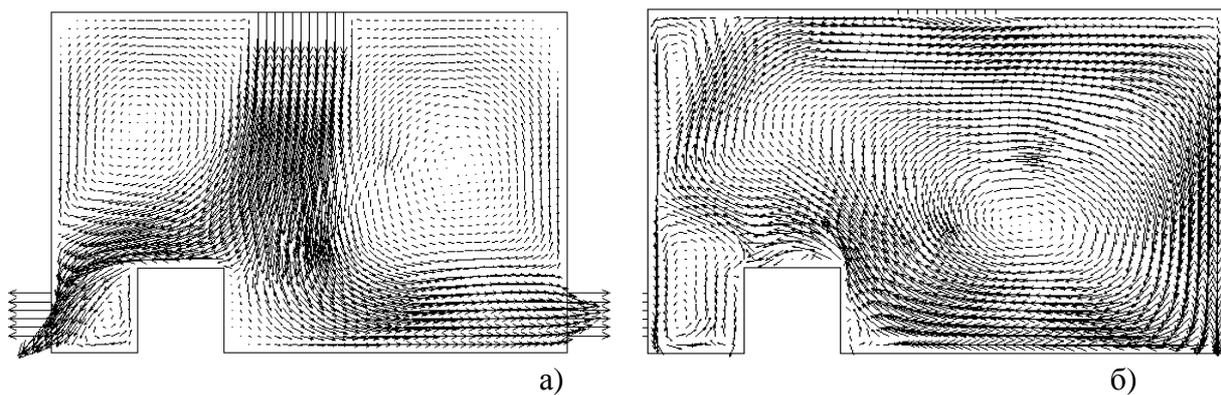


Рис. 1. Векторное поле скоростей воздушных потоков:
 а) использование не нагретого раствора, скорости изменяются в диапазоне 0-0,027 м/с;
 б) использование нагретого раствора, скорости изменяются в диапазоне 0-0,19 м/с

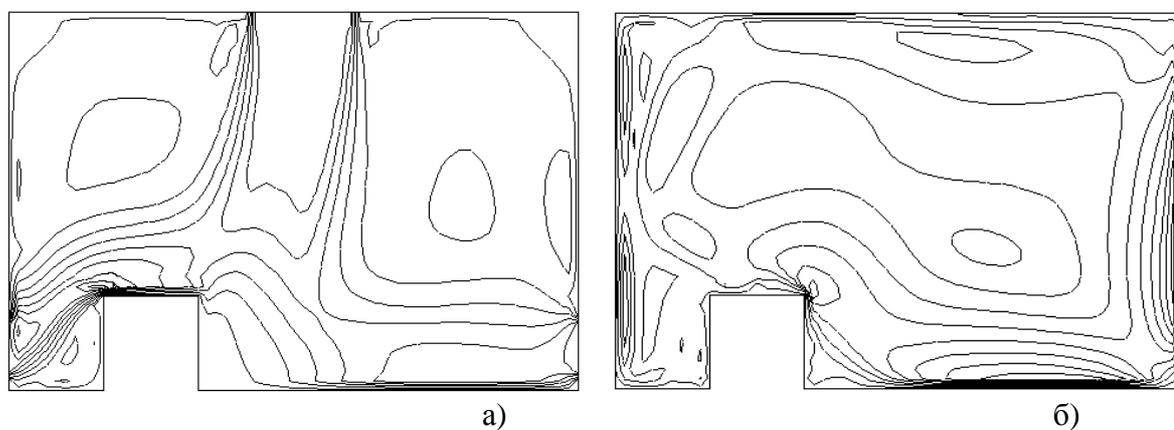


Рис. 2. Скорости воздушных потоков:
 а) использование не нагретого раствора, скорости изменяются в диапазоне 0 - 0,027 м/с;
 б) использование нагретого раствора, скорости изменяются в диапазоне 0 - 0,19 м/с

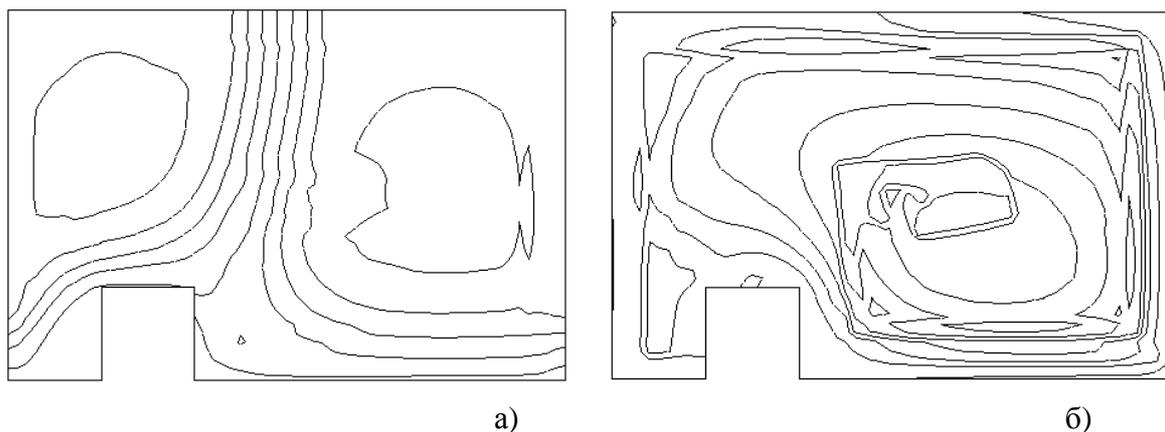


Рис. 3. Линии тока воздушных потоков:
 а) использование ненагретого раствора; б) использование нагретого раствора

Получены результаты расчетов стационарных воздухообменов в помещении с бортовыми отсосами от гальванических ванн. Предложенный подход позволяет рассчитать и выбрать систему воздушных потоков в помещениях, наиболее эффективно использующую приточный воздух и повысить эффективность вентиляции без дополнительных затрат.

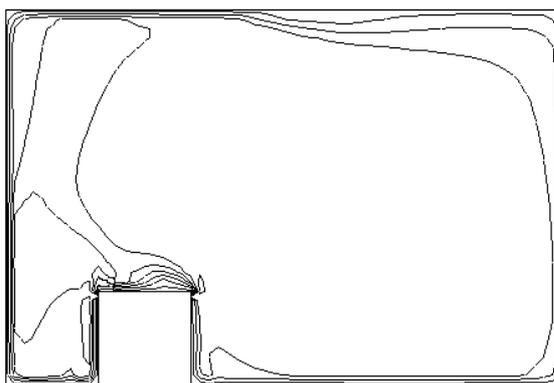


Рис. 4. Температура воздушных потоков при использовании нагретого раствора: температура изменяется в диапазоне 0 - 72 °С

Использование разработанной математической модели в практике проектирования позволит на начальной стадии проанализировать характер движения воздушных потоков в помещении и распределение скорости движения воздуха, что позволит выбрать наиболее эффективную схему воздухообмена в помещениях, ускорить процесс проектирования, повысить качество проектных работ и снизить затраты на системы вентиляции.

Библиографический список

1. Колосов, А.И. Динамическое моделирование как инструмент прогнозирования и планирования мероприятий эксплуатации инженерных систем в неопределенных стохастически развивающихся ситуациях / Колосов А.И., Щербинин Г.И., Свищев О.В., Васильев И.В. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 3 (8). с. 39-43.
2. Колосов, А.И. Математическое моделирование процесса реструктуризации городских систем газоснабжения низкой ступени давления / Колосов А.И., Панов М.Я. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2014. № 2. с. 34.
3. Колосов, А.И. Моделирование потокораспределения на этапе развития структуры городских систем газоснабжения / Колосов А.И., Панов М.Я., Стогней В.Г. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2013. т. 9. № 3-1. с. 56-62.
4. Колосов, А.И. Разработка модели восстановления систем инженерного обеспечения при экстраординарных воздействиях / Колосов А.И. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2004. № 10. с. 44.
5. Колосов, А.И. Разработка модели ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на инженерных системах энергетики / Колосов А.И., Сотникова О.А. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. т. 2. № 4. с. 27-31.
6. Колосова, Н.В. Ликвидация последствий аварий на объектах инженерных систем теплогазоснабжения / Колосова Н.В., Сенькин К.М., Соля Ю.А., Бочаров В.О. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 3 (8). С. 44-50.
7. Кузнецов, И.С. Алгоритмы поиска оптимальной трассы прокладки автомобильной дороги / Кузнецов И.С., Кузнецова Г.А., Мкртчян А.Г. // Инженерные системы и сооружения. - 2014. -№2(15).-С.73-79.
8. Кузнецов, И.С. Интегрированные карты влияющих факторов для выбора оптимальной трассы автомобильной дороги / Кузнецов И.С., Кузнецова Г.А., Мкртчян А.Г.// Инженерные системы и сооружения. - 2014. -№2(15).-С.67-72.
9. Лобода, А.В. Использование метода конформных отображений для определения полей скоростей воздушных потоков в задачах вентиляции / Лобода А.В., Кузнецов С.Н./

/Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура - 2011.-№1(21).- С.15-22.

10. Мелькумов, В.Н. Математическое моделирование полей концентраций вредных веществ при производстве строительных материалов / Мелькумов В.Н., Кузнецов С.Н. // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. - 2013. -№1(29). - С. 99-107.

11. Мелькумов, В.Н. Моделирование задымленности помещений сложной конфигурации в начальной стадии пожара / Мелькумов В.Н., Кузнецов С.Н., Гулак В.В. // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. - 2010. -№3(19). - С.131-138.

12. Мелькумов, В.Н. Моделирование процесса ремонта внутридомового газового оборудования / Мелькумов В.Н., Кузнецова Г.А. // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. - 2013. -№1(29). - С.14 -23.

13. Мелькумов, В.Н. Прогнозирование фильтрации газа в грунте при его утечке из подземного газопровода / Мелькумов В.Н., Кузнецов С.Н., Павлюков С.П., Черемисин А.В. // Известия ОрелГТУ. Сер. «Строительство. Транспорт». - 2008. - №3/19(549). - С. 61-65.

14. Павлюков, С.П. Анализ состава и продолжительности эксплуатации газового оборудования / Павлюков С.П., Кузнецова Г.А., Кобелев А.Н.// Инженерные системы и сооружения. - 2012 .-№3(8).-С.16-23.

15. Панов, М.Я. Оперативное управление на основе возмущенного состояния городской системы газоснабжения / Панов М.Я., Мартыненко Г.Н., Колосов А.И. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 4 (44). с. 48-55.

16. Сотникова, О.А. Рациональное послеаварийное восстановление систем теплоснабжения / Сотникова О.А., Колосова Н.В., Шабанов Д.Н. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2010. № 2. С. 121-124.

References

1. Kolosov, A.I. Dynamic modeling as a tool for forecasting and planning of engineering systems operating in uncertain stochastically developing situations / Kolosov A.I., Shcherbinin G.I., Svishchev O.V., Vasiliev I.V. // Scientific journal. Engineering systems and structures. 2012. No. 3 (8). p. 39-43.

2. Kolosov, A.I. Mathematical modeling of the process of restructuring of city gas supply systems low pressure stage / Kolosov A.I., Panov, M.Y. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture. 2014. No. 2. p. 34.

3. Kolosov, A.I. Modeling of flow at the stage of development of the structure of urban supply systems / Kolosov A.I., Panov, M.Y., Stogney V.G. // Bulletin of Voronezh state technical University. 2013. T. 9. No. 3-1. p. 56-62.

4. Kolosov, A.I. the development of the recovery model, systems engineering support, under extraordinary influences / Kolosov A.I. // Bulletin of Voronezh state technical University. 2004. No. 10. p. 44.

5. Kolosov, A.I. Development of a model for elimination of consequences of emergency situations at energy systems engineering / Kolosov A.I., Sotnikova O.A. // Bulletin of Voronezh state technical University. 2006. vol. 2. No. 4. S. 27-31.

6. Kolosova, N.V. Liquidation of consequences of accidents at facilities of the engineering of systems of heat / Kolosova N.V. Senkin K.M., Soya, Y.A., Bocharov V.O. // Scientific journal. Engineering systems and structures. 2012. No. 3 (8). P. 44-50.

7. Kuznetsov, I.S. Algorithms for finding the optimal way of laying of roads / Kuznetsov I.S., Kuznetsova G.A., Mkrtychyan A.G. // Engineering systems and structures. - 2014. №2(15).-P. 73-79.

8. Kuznetsov, I.S. An Integrated map of the influencing factors for selecting the optimal route of the road / Kuznetsov I.S., Kuznetsova G.A., Mkrtychyan A.G. // Engineering systems and structures. – 2014. №2(15). P. 67-72.

9. Loboda, A.V. The use of the method of conformal mappings to determine velocity fields of air flows in ventilation tasks / Loboda A.V., Kuznetsov S.N. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture - 2011.-№1(21).- P. 15-22.
10. Melkumov, V.N. Mathematical modeling of fields of concentrations of harmful substances in the production of building materials / Melkumov V.N., Kuznetsov S.N. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture - 2013 - №1(29). - S. 99-107.
11. Melkumov, V.N. Modeling of smoke content of premises of complex configuration at initial stage of fire / Melkumov V.N., Kuznetsov S.N., Gulak V.V. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture - 2010 - №3(19). - P. 131-138.
12. Melkumov, V.N. Modeling the repair process in-house gas equipment / Melkumov V.N., Kuznetsova G.A. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture - 2013 - №1(29). - Pp. 14-23.
13. Melkumov, V.N. Prediction of gas filtration in the soil when it leaks from an underground pipeline / Melkumov V.N., Kuznetsov S.N., Pavlyukov S.P., Cheremisin A.V. // News OrelGTU. Ser. "Construction. Transport". - 2008 - №3/19(549). - S. 61-65.
14. Pavlyukov, S.P. Analysis of the composition and duration of operation of gas equipment / Pavlyukov S.P., Kuznetsova G.A., Kobelev A.N. // Engineering systems and structures. - 2012 - №3(8).-P. 16-23.
15. Panov, M.Ya. Operative management on the basis of the disturbed state of the urban gas supply system / Panov M.Ya., Martynenko, G.N., Kolosov A.I. // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Building and architecture. 2016. No. 4 (44). S. 48-55.
16. Sotnikova, O.A. Rational disaster recovery systems of the heat supply / Sotnikova O.A., Kolosova N.V. Shabanov D.N. // Scientific journal. Engineering systems and structures. 2010. No. 2. S. 121-124.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, проф. кафедры жилищно-
коммунального хозяйства Т.В. Щукина
Канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазо-
снабжения и нефтегазового дела
Д.М. Чудинов
Канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазо-
снабжения и нефтегазового дела
Н.А. Петрикеева
Старший преподаватель кафедры теплога-
зоснабжения и нефтегазового дела
Н.М. Попова
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-53-21
e-mail: dmch@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Ph.D. in Engineering, Prof. of Dept. of Hous-
ing and Public Utilities T.V. Schukina
Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of
Heat and Gas Supply and Oil and Gas Busi-
ness D.M. Chudinov
Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of
Heat and Gas Supply and Oil and Gas Busi-
ness N.A. Petrikeevea
Senior lecturer of Dept. of Heat and Gas
Supply and Oil and Gas Business
N. M. Popova
Russia, Voronezh, tel. +7 (473)271-53-21
e-mail: dmch@mail.ru*

Т.В. Щукина, Д.М. Чудинов, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова

КОМБИНИРОВАННАЯ ВЫРАБОТКА ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ГЕЛИОУСТАНОВКАХ

Традиционно для выработки тепловой и электрической энергии используется органическое топливо, которое является одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Применение комбинированных гелиоустановок для энергообеспечения зданий и сооружений позволит повысить их конкурентоспособность и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: солнечная энергия, гелиоустановки, фотоэлектрические модули, энергоэффективность.

T.V. Schukina, D.M. Chudinov, N.A. Petrikeevea, N.M. Popova

COMBINED GENERATION OF HEAT AND ELECTRICAL ENERGY IN SOLAR INSTALLATIONS

Traditionally for the production of thermal and electric energy uses of fossil fuels, which is one of the main is-of the sources of environmental pollution. The use of combined solar installations for the energy supply of buildings and structures will enhance their competitiveness and to reduce the negative impact on the environment.

Keywords: solar energy, solar systems, photovoltaic modules, energy efficiency.

В целях привлечения внимания общества к вопросам экологического развития Российской Федерации, сохранения биологического разнообразия и обеспечения экологической безопасности в январе 2016 г. президент РФ подписал Указ «О проведении Года экологии в

2017 году». Частично эта задача может быть решена посредством применения комбинированных гелиоустановок при энергообеспечении зданий и сооружений.

Многофункциональная утилизация солнечной радиации характеризуется конкурентным преимуществом при ее осуществлении посредством минимального количества оборудования, совмещающего улавливание излучения различных длин волн в одном типе устройств.

Чтобы снизить затраты на альтернативное энергообеспечение, повысить его привлекательность и компенсировать два вида нагрузок зданий (тепло и электроснабжение), была предложена конструкция теплового коллектора, включающая фотоэлектрические преобразователи (рис. 1).

Корпус 1 с тепловой изоляцией 2 многофункционального солнечного коллектора покрыт прозрачным ограждением 3, наиболее полно пропускающим солнечное излучение, и снабжен входным и выходным 15 патрубками. Теплоноситель по входному патрубку 13 поступает во впускную камеру 12, а затем в продольные полимерные трубки 8. Перемещаясь по полимерным трубкам, теплоноситель нагревается за счет передачи теплоты от металлических сеток 6, подвергаемых интенсивному воздействию солнечной радиации, прошедшей через прозрачное ограждение 3. Участки металлических сеток 9, расположенные в продольных полимерных трубках 8, турбулизируют теплоноситель, интенсифицируя теплообмен и тем самым вызывая рост его температуры. После продольных полимерных трубок 8, нагреваемая жидкость поступает через промежуточную камеру 16 в продольные металлические трубки 5 абсорбера 4. Часть солнечной радиации, не поглощенная элементами металлических сеток 6, попадает через ячейки 7 последних на абсорбер 4, где переходит в теплоту. Высокая теплопроводность металла поглощающей панели 4 обеспечивает беспрепятственную передачу полученной энергии к продольным металлическим трубкам 5 и к перемещающемуся в них теплоносителю. После чего нагретая жидкость поступает в выпускную камеру 14 и по выходному патрубку 15 направляется потребителю.

Солнечная радиация, преодолев прозрачное ограждение 3, попадает не только на металлические сетки 6 и панель 4, но и на фотоэлектрические преобразователи 11, закрепленные на продольных полимерных трубках 8. Под воздействием излучения элементы 11 вырабатывают электроэнергию и нагреваются, снижая за счет повышения температуры получаемую полезную мощность. Поэтому размещение фотоэлектрических преобразователей на поверхности трубок 8 обеспечивает их своевременное охлаждение за счет теплосъема избыточной энергии и передачи нагреваемому теплоносителю. Это обеспечивает многолетнюю безотказную эксплуатацию многофункционального солнечного коллектора.

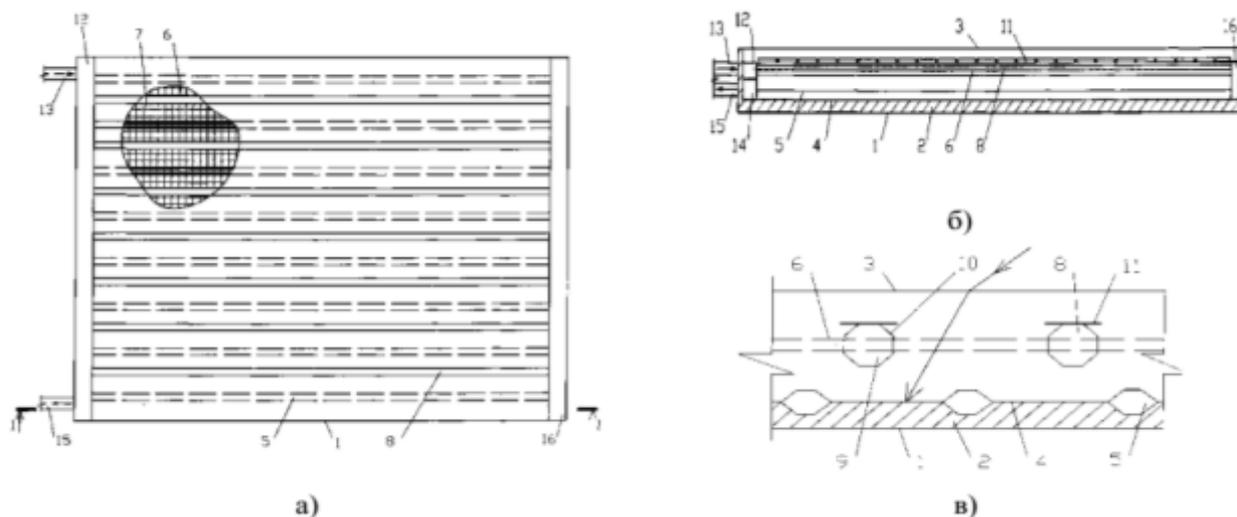


Рис. 1. Солнечный тепловой коллектор с фотоэлектрическими преобразователями: а) – вид сверху; б) – продольный разрез; в) – фрагмент поперечного разреза

Следует отметить, что в плоских солнечных коллекторах под светопрозрачным покрытием создается нежелательный парниковый эффект не только за счет проникновения солнечной радиации и ее частичного отражения от поглощающей панели, но и в результате собственного излучения нагретых поверхностей. Размещение металлических сеток в корпусе устройства способствует устранению данного явления за счет уменьшения отражения и снижения собственного излучения в окружающую среду. Расположение в несколько слоев металлических сеток и незначительный размер их ячеек обеспечит наиболее полное улавливание солнечной радиации и сократит потери теплоты. Такое поглощение излучения позволит отказаться от дорогостоящих и технологически сложно исполняемых селективных покрытий для абсорбирующих поверхностей.

Дополнительное снабжение коллектора полимерными трубками 8 и их последовательное соединение с продольными трубками 5 поглощающей панели 4 посредством промежуточной камеры 16 приводит к более длительному пребыванию теплоносителя в устройстве, тем самым создавая условия для увеличения времени контактирования с преобразованной солнечной энергией, что неизбежно приводит к его прогреву до более высоких температур. Заполнение теплоносителем продольных трубок 5, 8 и камер 12, 14, 16 повышает аккумулирующую способность солнечного коллектора.

Целесообразность использования комбинированных гелиоустановок будет определяться количеством энергии, сэкономленной в течение всего расчетного периода времени. Дополнительные дисконтированные затраты ДЗ по сравниваемым вариантам можно определить из выражений

$$ДЗ_I = \left(K_I + \sum_{t=1}^{T_{сл}} \frac{\mathcal{E}_{It} - \mathcal{E}_{Iat}}{(1+r)^t} \right), \quad (1)$$

$$ДЗ_{II} = \left(K_{II} + \sum_{t=1}^{T_{сл}} \frac{\mathcal{E}_{II t} - \mathcal{E}_{II at}}{(1+r)^t} \right), \quad (2)$$

где (соответственно по вариантам): K – капиталовложения; \mathcal{E}_t , \mathcal{E}_{at} – текущие издержки и амортизационные отчисления в год t ; r – принятая процентная ставка (норма дисконта), отн. ед.; $T_{сл}$ – горизонт расчета (расчетный период).

На рис. 2 показаны экономические показатели гелиоустановок горячего водоснабжения для различных городов России при отсутствии и наличии дотаций [1-4]. Использование комбинированных солнечных систем позволит повысить их результативность и надежность.

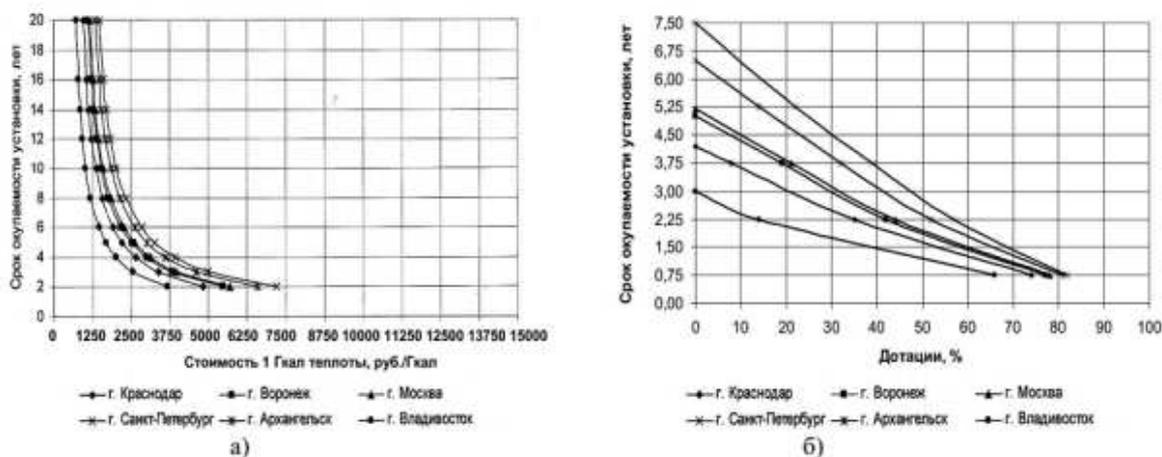


Рис. 2. Экономические показатели:

- а) зависимость срока окупаемости солнечной системы горячего водоснабжения от стоимости теплоты для различных регионов России;
- б) зависимость срока окупаемости солнечной системы горячего водоснабжения от уровня дотаций для различных регионов России при мировой цене на теплоту

Выводы

Внедрение комбинированных гелиоустановок для тепло- и электроснабжения зданий и сооружений обеспечит сокращение потребления органического топлива и снизит вредное воздействие на окружающую среду. Предложенное конструктивное решение солнечного коллектора позволит ему конкурировать с традиционными энергетическими установками.

Библиографический список

1. Чудинов, Д.М. Влияние параметров оборудования гелиоустановок на эффективность альтернативного теплоснабжения зданий / Д.М. Чудинов, Т.В. Щукина, О.А. Сотникова // Промышленная энергетика. – 2008. - № 9. - С. 44-46.
2. Чудинов, Д.М. Использование гелиосистем в различных регионах России / Д.М. Чудинов, Т.В. Щукина // Энергосбережение. - 2009. - № 7. - С. 64-80.
3. Чудинов, Д.М. Обеспечение необходимого уровня энергоактивности солнечных систем, проектируемых для регионов Российской Федерации / Д.М. Чудинов, О.А. Сотникова, Т.В. Щукина // Энергосбережение. – 2009. - № 3. – С. 74-76.
4. Сотникова, О.А. Экономическое обоснование и перспективы развития солнечного теплоснабжения / О.А. Сотникова, Д.М. Чудинов, Т.В. Щукина // Промышленная энергетика. – 2008. - № 6. - С. 50-52.
5. Пат. 2538152 Российская Федерация, МПКF24J2/26. Многофункциональный солнечный коллектор/ Щукина Т.В., Чудинов Д.М., Кузнецова Н.В.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. - № 2012125107/06; заявл. 15.06.2012; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. -7 с.

References

1. Chudinov, D.M. Vliyaniyaparametrovoborudovaniyagelioustanovoknaeffektivnost' al'ternativnogoteplosnabzheniyazdaniy / D.M. Chudinov, T.V. Schukina, O.A. Sotnikova // Promyshlennayaenergetika. – 2008. - № 9. - S. 44-46.
2. Chudinov, D. M. Ispol'zovaniegeliosistem v razlichnykhregionakhRossii / D. M. Chudinov, T. V. Schukina // Energoberezhenie. - 2009. - № 7. - S. 64-80.
3. Chudinov, D. M. Obespechenieneobkhodimogourovnyaenergoaktivnostisolnechnykh sistem, proektiruemykh dlyaregionovRossiyskoyFederatsii / D. M. Chudinov, O. A. Sotnikova, T. V. Schukina // Energoberezhenie. – 2009. - № 3. – S. 74-76.
4. Sotnikova, O. A. Ekonomicheskoeobosnovanieiperspektivyrazvitiyasolnechnogoteplosnabzheniya / O. A. Sotnikova, D. M. Chudinov, T. V. Schukina // Promyshlennayaenergetika. – 2008. - № 6. - S. 50-52.
5. Pat. 2538152 Rossiyskaya Federatsiya, MPKF24J2/26. Mnogofunktsional'nyy solnechnyy kollektor/ Schukina T. V., Chudinov D. M., Kuznetsova N. V.; zayavitel' i patentoobladel' Voronezh. gos. arkh.-stroit. un-t. - № 2012125107/06; zayavl. 15.06.2012; opubl. 10.01.2015, Byul. № 1. - 7 s.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 691- 405.8

Воронежский государственный технический университет
Доцент кафедры проектирования зданий и сооружений Л.И.Гулак
Магистранты А.А. Жабина и Ковешникова Е.А.
Россия, г. Воронеж, тел.+7 (951) 548-18-30
e-mail: Lyona-93@mail.ru,
e-mail: 95ekaterina@rambler.ru

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Associate Professor of building design and constructions department L. I. Gulak
Postgraduate A. A. Zhabina and Koveshnikova E. A.
Russia, Voronezh, tel. +7 (951) 548-18-30
e-mail: Lyona-93@mail.ru,
e-mail: 95ekaterina@rambler.ru

Л.И. Гулак, А.А. Жабина, Е.А. Ковешникова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УТЕПЛИТЕЛЕЙ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Утепление ограждающих конструкций зданий — серьезный вопрос, к решению которого стоит подойти со всей ответственностью. На сегодняшний день существует много видов утеплителей и большой ассортимент материалов. Рассмотрим те из них, с помощью которых могут быть утеплены стены и покрытия зданий, так как через них происходят основные теплопотери здания.

Ключевые слова: Утеплитель, теплоизоляция, минеральная вата, пенополистирол, пенополиуретан, полиизоцианурат.

L.I. Gulak, A.A. Zhabina, E.A. Koveshnikova

COMPARATIVE ANALYSIS OF FUSES OF MAIN FEATURES

It is crucial to approach carefully the issue of winterization of the building envelope. Currently, there are many types of heat-retainers and a wide range of insulations. We shall focus on those, which can be used to insulate the walls and roofs of buildings, since inadequate insulation of those causes the main heat losses in the building.

Key words: Insulation, thermal insulation, mineral cotton wool, polystyrene, polyurethane foam, polyisocyanurate.

Введение

Вид утеплителя оказывает значительное влияние на тепловую эффективность и долговечность самой конструкции, сложность монтажа и возможность выполнения ремонтных операций. Применяемый теплоизоляционный материал должен быть пожаробезопасным, не взаимодействовать с окружающей средой и не выделять при высокотемпературном нагреве токсических соединений. Также обязательно наличие гигиенических сертификатов. Утеплители должны сохранять рабочие свойства в сложных условиях эксплуатации, температурно-влажностных, ветровых воздействиях и механических нагрузках. С учетом всех факторов, утеплители, используемые для отделки ограждающих конструкций, должны соответство-

вать нескольким основным требованиям. Прежде всего, это обеспечение эффективного теплосохранения при умеренной толщине и плотности утепляющего слоя. Высокая прочность должна сочетаться с достаточной паропроницаемостью, позволяющей своевременно избавляться от конденсатной влаги. Утеплитель должен обладать хорошей водостойкостью и гидрофобностью, без последствий переносить резкие температурные перепады, не создавать условий для образования плесени или грибковых колоний.

Задача и предназначение теплоизоляции:

- 1) снизить потери тепла зимой, уменьшить нагрев зданий летом;
- 2) защитить несущие конструкции от агрессивных воздействий окружающей среды;
- 3) уменьшить вредное влияние тяжелых температурных перепадов и прямое их следствие – деформации силовых элементов, что объективно увеличивает срок службы здания в целом;

Классификация теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционными материалами называется разновидность строительных материалов, обладающих низкой теплопроводностью и предназначенных для тепловой изоляции зданий, сооружений, оборудования и трубопроводов. Теплоизоляционные материалы классифицируют по форме и внешнему виду, структуре, виду исходного сырья, плотности, жесткости, теплопроводности, возгораемости.

I. По форме и внешнему виду материалы подразделяют на штучные изделия (плиты, блоки, кирпич, цилиндры, полуцилиндры, сегменты), рулонные и шнуровые (маты, шнуры, жгуты), рыхлые и сыпучие материалы (вата минеральная, стеклянная, вспученный перлит, вермикулит).

II. По структуре материалы и изделия бывают волокнистыми, ячеистыми и зернистыми.

III. По виду исходного сырья их делят на неорганические и органические.

Смеси из неорганических и органических материалов относятся к неорганическим, если количество последних в смеси превышает 50% по массе.

IV. По плотности материалы и изделия подразделяют на группы и марки (Табл. 1).

Таблица 1

Классификация теплоизоляционных материалов по плотности

ОНП	Особо низкой плотности	15,25,35,50,75 кг/м ³
НП	Низкой плотности	100,125,150,175 кг/м ³
СП	Средней плотности	200,225,250,300,350 кг/м ³
П	Плотные	400,450,500,600 кг/м ³

V. По жесткости теплоизоляционные изделия подразделяют (Табл. 2).

Таблица 2

Классификация теплоизоляционных материалов по жесткости

Обозначение	Наименование вида изделий	При удельной нагрузке, КПа		
		2	40	100
М	Мягкие	> 30	-	-
П	Полужесткие	6 -30	-	-
Ж	Жесткие	<6	-	-
ПЖ	Повышенной жесткости	-	<10	-
Т	Твердые	-	-	<10

VI. По теплопроводности материалы и изделия делят на классы(Табл. 3).

Таблица 3

Классификация теплоизоляционных материалов по теплопроводности

Обозначение класса	Наименование класса	Теплопроводность при температуре 25 ⁰ С, Вт/м ⁰ с
А	Низкой теплопроводности	<0,06
Б	Средней теплопроводности	0,06-0,115
В	Повышенной теплопроводности	0,115-0,175

Остановимся на плитных утеплителях, как на типе, наиболее универсальном по области применения и удобном по технологии укладки. В форме плит выпускаются как минераловатные утеплители, так и пенопласты. Все эти материалы имеют близкие показатели теплозащиты, но значительно отличаются по другим эксплуатационным свойствам.

Минераловатные утеплители – наиболее массовый тип теплоизоляционных материалов, прекрасно подходящих для утепления основных ограждающих конструкций загородных домов: стен, цокольных и чердачных перекрытий, крыш. Существует два, отличающихся друг от друга по своему составу, вида минеральной ваты: стеклянная ваты и каменная (базальтовая) вата. Стеклянная вата крайне опасна при производстве работ, ее пыль, состоящая из острых стекловидных иголок, проникает глубоко в легкие и с трудом выделяется из организма. Утеплитель производится путем нагревания и выдувания базальтовых пород. Материал удобен в работе, он может укладываться одинаково быстро, как на вертикальные, так и на горизонтальные поверхности. Минеральная вата относится к высокоэффективным и безопасным теплоизолирующим материалам. Поставляется утеплитель в форме матов или плит, которые обладают высокой жесткостью, не деформируются и не подвергаются усадке. Минеральная вата не утяжеляет конструкцию, легко монтируется, не подвергается горению и не выделяет вредных для здоровья веществ в процессе эксплуатации, но она не подходит для устройства стяжек, а также требует дополнительной гидроизоляции. Такой материал применяется для утепления офисных или промышленных зданий, жилых домов и прочих построек. Поэтому, при выборе минераловатного утеплителя следует ориентироваться исключительно на каменную вату, обращая внимание на ее структуру.

Пенополистирол применяется в строительстве примерно в тех же объемах, что и минеральная вата, но при утеплении других конструкций. Так, с учетом, что пенополистирол не боится воды (не пропускает и не впитывает ее) он незаменим при утеплении фундаментов. А с учетом, что он горюч и дым от его горения крайне токсичен, пенополистиролом допускается утеплять только каменные дома и укладывать его только снаружи, например, как это делается при утеплении фасадов. Пенополистирол, как и минвата, также бывает двух видов: вспененный и экструдированный, отличающихся технологией производства. **Вспененный пенополистирол** (иногда его называют просто пенопластом) непрочный (легко крошащийся) и недолговечный материал. **Экструдированный пенополистирол** лишен этих недостатков и рекомендуется к применению в указанных конструкциях. Выбирать пенополистирол следует так же, как и минвату - по его структуре:

Пенополиуретан. Материал этот представляет собой одну из разновидностей пластмассы. Он имеет ячеистую пенную структуру, причем в составе пенополиуретана главенствует газообразное вещество – от 85 до 90 процентов. Газом заполнены многочисленные крохотные ячейки, изолированные друг от друга. Оставшиеся несколько процентов объема приходится на твердую часть - тонкие стенки этих ячеек. Пенополиуретан отменно держит тепло, практически не пропускает пар и воду, не боится коррозии, радиации и агрессивной химической среды. Кроме того, он весьма прочен, выдерживает большие температурные пе-

репады и погодные катаклизмы. Впитывание влаги данным материалом одно из самых низких – за сутки оно может достигать от 1 до 3 процентов от первоначального объема. ППУ отлично «прилипает» к любым материалам, будь то кирпич, стекло, дерево, бетон или металл. Благодаря хорошим адгезирующим свойствам нет необходимости устройства дополнительного крепежа. Пенополиуретановое покрытие не реагирует на потепление и похолодание в течение года. Оно прекрасно себя чувствует при температурах от минус 200 до плюс 200 градусов по Цельсию. Негативное воздействие ультрафиолетового излучения может привести к быстрому износу материала. Чтобы не допустить деструкции утеплителя, надо обязательно предусмотреть его защиту.

Полиизоцианурат, известный также как **PIR** или **ПИР** — это термореактивный полимерный материал с закрытыми ячейками, обладающий достаточно высокой степенью жёсткости и используемый, как правило, в качестве жёсткой теплоизоляции. Это сложный полимер, по составу схожий с полиуретаном, но более стабильный и отличающийся высокой стойкостью к химическим, термическим и механическим воздействиям. Данный материал не напрасно называют высокотехнологичным, поскольку он сочетает в себе достоинства наиболее популярных утеплителей — минеральной ваты и экструзионного пенополистирола. Полиизоцианурат практически не горит, что характерно для минваты. Как и пенополистирол, полиизоцианурат хорошо отталкивает влагу. Хотя PIR способен противостоять пламени, но структура его разрушается при температуре 200 °С и выше. Полимер не горит, но теряет жесткость и начинает рассыпаться, что грозит разрушением конструкции. Однако невзирая на свои технические характеристики, полиизоцианурат не пользуется широким спросом в нашем регионе из-за достаточно высокой стоимости (Рис. 1). Сравнительный анализ эксплуатационных свойств утеплителей приведен в табл. 4.

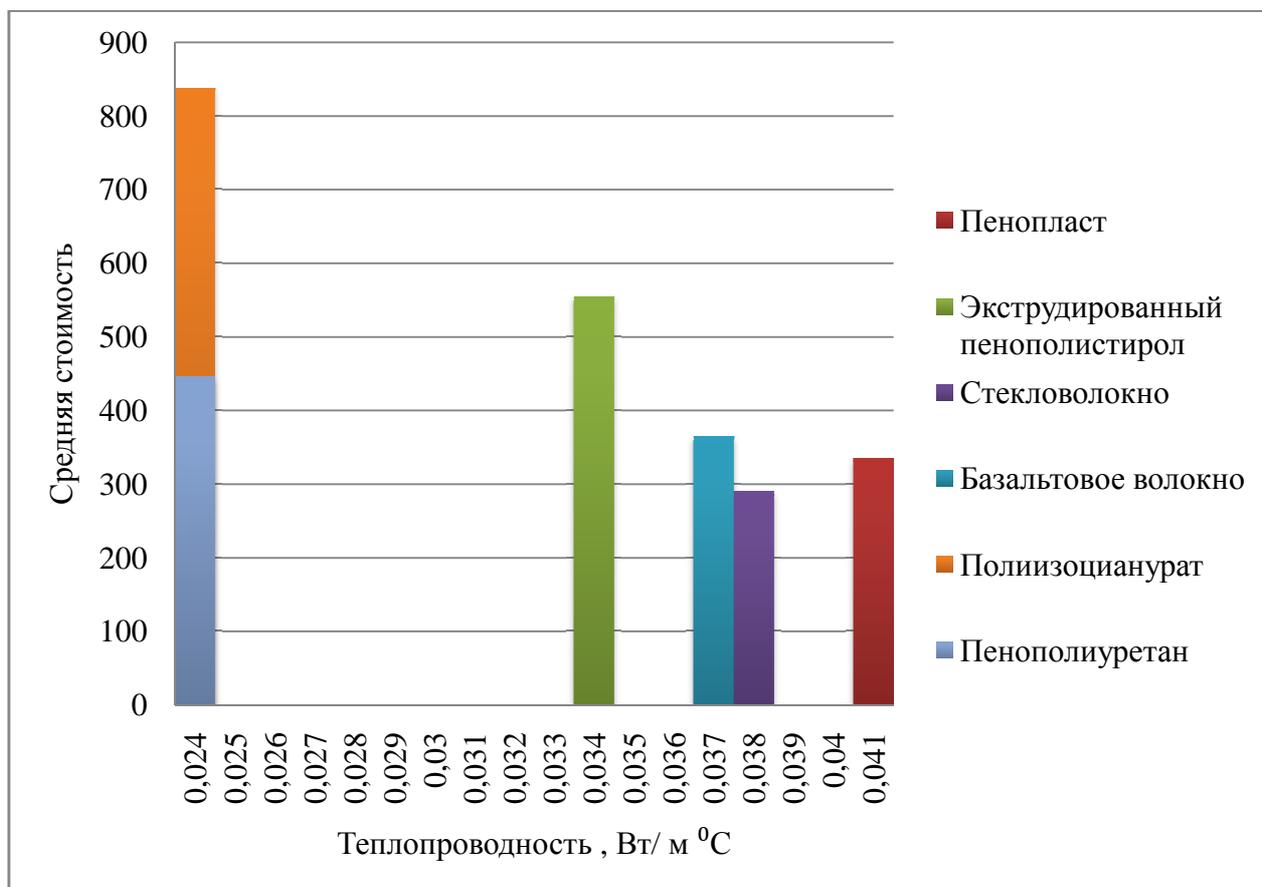


Рис. 1. Сравнение стоимости утеплителей в зависимости от их характеристик теплопроводности

Сравнительный анализ эксплуатационных свойств утеплителей

Показатели	Минеральная вата		Пенополистирол		Полиуретан	
	Стекло- лянная	Каменная	Вспенен- ный	Экструдир- ованный	Пенополиуретан	Полиизоцианурат
Технологич- ность	Удобная в укладке, легко устанавливается в распор (без щелей)		Легкий, но жесткий, хрупкий, желательное уплотнение (заделка стыков)		Благодаря технологии напыления, прост в использовании и обеспечивает бесшовную изоляцию	
Отношение к влаге	Является водопоглощающим и паропроницаемым материалом		Незначительное водопоглощение и паропроницаемость		Водопоглощение и паропроницаемость практически нулевые	
Экология, безопас- ность	Не горит, но опасная пыль	Не горит, пыль менее опасна	Горит с выделением ядовитого дыма			Не горит, но теряет свои эксплуатационные свойства при температуре выше 200°С
Долго- веч- ность	До 20 лет	До 50 лет	10 – 15 лет	До 50 лет		50 лет

Вывод

В результате анализа и обобщения информации по выше изложенной теме следует, что стекловата и пенопласт – устаревшие материалы и не рекомендуются к применению. Для утепления конструкций можно рекомендовать каменную (или базальтовую) вату, при условии ее защиты от влаги, экструдированный пенополистирол и пенополиуретан с защитой от огня и ППУ от ультрафиолетового излучения, а так же полиизоцианурат, лишенный недостатков других утеплителей, но соответственно имеющий высокую стоимость. Поэтому при выборе утеплителя стоит отдавать предпочтение тому, который в конкретных условиях наилучшим образом отвечает поставленной задаче.

Библиографический список

1. Пономарев В. А. Архитектурное конструирование. - М.: Архитектура, 2008. - С. 164, 175 – 181с.
2. Белецкий Б.Ф. Справочник современного строителя /; под общ.ред. Л.Р. Маиляна. - Ростов н/Д : Феникс, 2004 (Курск : ФГУИПП Курск). - 540, с. :С. 82- 87.
3. Попова В.В. Материалы для теплоизоляционных работ М.: Высш. школа, 1978. - 139с.

References

1. Ponomarev V. A. Architectural design. - Moscow: Architecture, 2008. - P. 164, 175-181p.
2. Beletsky B. F. Handbook of the modern architect/; Edited by L.R. Mailyana. - Rostov n/D: Feniks, 2004 (Kursk: FSUEPP Kursk). - 540, p. : P. 82- 87.
3. Popova V. V. Materials for heat insulation works M.: High School, 1978. - 139 p.

УДК 692.23

*Воронежский государственный
архитектурно-строительный университет
Магистрант гр. М 231*

Д. Н. Казьмина

Россия, г. Воронеж, тел. +7-900-307-87-62

e-mail: daria.volkova.94@mail.ru

*Ддоцент каф. проектирования зданий и со-
оружений*

Л.И. Гулак: gulak@inbox.ru

Россия, г. Воронеж, тел. +7-951-862-27-76

*Voronezh State University of Architecture and
Civil Engineering*

Magister course student gr.M 231

D. N. Kazmina

Russia, Voronezh, tel. +7-900-307-87-62

e-mail: daria.volkova.94@mail.ru

*A.p. of the the design of buildings and structures
Dept.*

L.I. Gulak: gulak@inbox.ru

Russia, Voronezh, tel +7-951-862-27-76

Л.И. Гулак, Д.Н. Казьмина

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ КАРКАСНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ С УЧЕТОМ ИХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Проведен сравнительный анализ объемно-планировочных и конструктивных решений каркасных деревянных домов с учетом их энергосбережения, в результате которого отмечено наиболее эффективное использование двойного деревянного каркаса в строительстве.

Ключевые слова: каркасное домостроение, деревянный каркас, строительство, коттеджи, экология, деревянные конструкции.

L.I. Gulak, D.N. Kazmina

COMPARATIVE ANALYSIS OF SPACE-PLANNING AND CONSTRUCTIVE SOLUTIONS FRAME WOODEN HOUSES WITH REGARD TO THEIR ENERGY SAVINGS

The comparative analysis of comparative analysis of space-planing and constructive solutions of frame wooden houses with regard to their energy savings was carried out. The study found the most efficient use of a double wooden framework in construction.

Keywords: frame housing construction, wood construction, building, cottage, ecology, wood structure.

В настоящее время заметно возросло строительство индивидуальных домов коттеджного типа. Люди хотят уйти от городской суеты и стать ближе к природе и хорошей экологии. В строительстве загородных домов часто используют один из наиболее эстетически привлекательных и экологичных материалов, древесину. Благодаря небольшому весу, прекрасными теплотехническими и экологическими свойствами, древесина помогает решать многие вопросы в строительстве. Эстетический вид деревянных домов достаточно сбалансирован и вызывает чувство спокойствия и уверенности, создавая ощущение уюта.



Рис. 1. Каркас деревянного дома

Высокоэффективным видом строительства деревянных домов является каркасное домостроение. Данный вид зданий очень распространен в зарубежных странах. Ежегодно в Северной Америке строится более 1,5 миллионов каркасных домов. С помощью данных технологий возводятся не только частные дома, но и трех-, четырех - этажные многофункционального назначения. Строительство такого типа получило распространение в Финляндии, Скандинавии, Германии и США.

Современные способы возведения каркасных домов не уступают конструкциям из бетона или кирпича в прочности, надежности и долговечности. Существует множество преимуществ:

- Конструкции домов быстро возводимы и их стоимость строительства относительно низкая.

- В холодное время года, хочется так же отметить, быстрое нагревание здания до комфортной температуры, так они имеют высокую теплозащиту стен и перекрытий их низкую теплоемкость.

- Наименьшая вероятность повреждения домов от конструктивных ошибок или свойств грунта. Вес конструкций легкий и в связи с этим не требует сооружения массивного фундамента. Так же следует заметить его ремонтпригодность.

- Деревянные каркасные дома легки в монтаже и демонтаже конструкции.

- Ровные поверхности зданий упрощают отделку и значительно уменьшают вероятность появления конденсата.

- Каркасное домостроение не ограничено в разнообразии архитектурных форм.

- Деревянные дома при использовании негорюемых материалов имеют даже более высокую огнестойкость, чем дома с каменными стенами. Основа каркаса, представленная деревянными балками, при высокой температуре медленно тлеет, не теряя конструктивной прочности долгое время.

- При правильной конструкции домов возможно создание паропроницаемых стен, они удаляют избыточную влажность без проветривания и теплопотерь, такие конструкции создают комфортный микроклимат в помещениях и позволяют дому "дышать".

- Наиболее важным положительным качеством деревянного дома является его экологичность. В первую очередь положительное влияние оказывается на здоровье человека. Современное строительство ведется преимущественно из хвойных пород, которые благотворно влияют на организм людей. Так же конструкции из дерева создают оптимальный уровень влажности, уменьшая тем самым процент простудных заболеваний, вызванный слишком сухим воздухом в доме. Во-вторых, эксплуатация и строительство деревянных домов не вредит окружающей среде.

При строительстве современных домов люди стараются добиться не только экологичности, но и энергоэффективности здания. Важным элементом сохранения тепла является утеплитель. В результате анализа конструктивных решений наружных стен проведено сравнение и выявлены наиболее рациональные материалы (см. таблицу 1, 2, 3).



Рис. 2. Конструкция деревянно-каркасного дома

Таблица 1

Технико-экономическое сравнение утеплителей для наружных ограждающих конструкций

Характеристики материалов	Экотеплин (лен бура, крахмал)	Эковата	Деревянный утеплитель "STEICO"	Минераловатная плита
Плотность	32-34 кг/м ³	30,6-40,0 кг/м ³	190-265 кг/м ³	13 кг/м ³
Теплопроводность	0,038-0,04 Вт/м*К	0,039 - 0,041Вт/м*К	0,042-0,048 Вт/м*К	0,049 Вт/м*К
Коэф. паропроницаемости	0,40 мг/мч Па	0,30 мг/мч Па	0,50 мг/мч Па	0,50 мг/мч Па
Группа горючести	НГ (не поддерживают горение)	Г2 (умеренно горючие)	Г1 (слабой горючести)	Г1 (слабой горючести)
Группа воспламеняемости	В1 (трудновоспламеняемые)	В1 (трудновоспламеняемые)	В1 (трудновоспламеняемые)	В1 (трудновоспламеняемые)
Срок службы	60-70 лет и более	Более 80 лет	Более 80 лет	50-100 лет
Стоимость	1000 руб/м ²	600руб/м ²	1130руб/м ²	420 руб/м ²

Таблица 2

Технико-экономическое сравнение обшивок для внутренней и наружной поверхностей ограждающих конструкций

Характеристики материалов	Ориентированно-стружчатая плита (OSB)	Фанера ФСФ	Фаэроборд "Knauf"	Гипсоплита
Плотность	630 кг/м ³	600 кг/м ³	850 кг/м ³	1 250 кг/м ³
Теплопроводность	0,10-0,13 Вт/мК	0.18 Вт/мК	0,22 Вт/мК	0,29-0,35 Вт/мК
Коэф. паропроницаемости	0,030 мг/мч Па	0,020 мг/мч Па	0,019мг/мч Па	0,018 мг/мч Па
Группа горючести	Г4 (сильно горючие)	Г1 (слабой горючести)	НГ (не поддерживают горение)	НГ (не поддерживают горение)
Группа воспламеняемости	В3 (легковоспламеняемые)	В1 (трудновоспламеняемые)	В1 (трудновоспламеняемые)	В1 (трудновоспламеняемые)
Срок службы	Не ограничен	Менее 50 лет	Более 50 лет	Более 50 лет
Стоимость	500 руб/шт	260 руб/шт	1200 руб/шт	300 руб/шт

Технико-экономическое сравнение облицовки для наружной поверхности ограждающих конструкций

Характеристики материалов	Имитация бруса	Термопанель	Цементно-стружчатая плита ЦСП	Штукатурка декоративная
Плотность	66 кг/м ³	40-60 кг/м ³	1100-1400 кг/м ³	730-950 кг/м ³
Теплопроводность	0,021 Вт/мК	0,027 Вт/мК	0,26 Вт/мК	0,25 Вт/мК
Коэф. паропроницаемости	0,32 мг/мч Па	0,05 мг/мч Па	0,23 мг/мч Па	0,06 мг/мч Па
Группа горючести	Г2 (умеренно горючие)	Г1 (слабой горючести)	Г1 (слабой горючести)	Г1 (слабой горючести)
Группа воспламеняемости	В2 (умеренно-воспламеняемые)	В1 (трудновоспламеняемые)	В1 (трудновоспламеняемые)	В1 (трудновоспламеняемые)
Срок службы	15-20 лет	Более 30 лет	Более 50 лет	Около 50 лет
Стоимость	300-1500руб/м ²	1500-1700руб/шт	600-1800руб/шт	350руб/уп

Вывод

Проведен сравнительный анализ конструктивных решений наружных ограждающих конструкций деревянных каркасных домов, в результате которого было отмечено наиболее эффективное использование таких материалов, как:

- утеплитель «Экотеплин»;
- обшивка внутренней и наружной поверхности фаэрборд «Кнауф»;
- имитация бруса.

Данные виды материалов наиболее рациональны для использования в деревянном домостроении так как являются наиболее экологичными, трудновоспламеняемыми, слабогорючими, а так же находятся в средней ценовой категории.

Библиографический список

1. Деревянный дом. Каркасные работы от фундамента до крыши. Кеппо Юхани. 2008г.
2. Мелехов В.И. Обшивка деревянных строений на Руси / А. И. Бесман // Монтажные и специальные работы в строительстве. - 2004. - N 3. - С. 22-26. АРХИТЕКТУРА, ДЕРЕВЯННЫЕ ДОМА Монтажные и специальные работы в строительстве 2004 N 3. - С. 22-26.
3. Наружные ограждающие конструкции, адаптированные к использованию энергии природной среды // Изв. вузов. Строительство. - 2005. - N 2. - С. 4-8. НАРУЖНЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ТЕПЛОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭНЕРГЕТИКА Изв. вузов. Строительство 2005 N 2. - С. 4-84.
4. «Проектирование и расчет деревянных конструкций. Справочник» / Под. ред. И.М.Гриня. – Киев: Будивельник, 1988. – 240с.

5.Теличенко, В.И. «Технология возведения зданий и сооружений» :учебн. Пособ. Для вузов/ В.И. Теличенко, А.А. Лapidус, О.М. Терентьев. – М.: Высшая школа, 2004.-446с.

6.Егнус, М.Я. «Возведение каркасных жилых и общественных зданий» М.Я. Егнус. – М.: Стройиздат, 1972.

References

1. Derevyannyj dom. Karkasnye raboty ot fundamenta do kryshi. Keppo YUkhani. 2008g.

2. Melekhov V.I.Obshivka derevyannykh stroenij na Rusi / A. I. Besman// Montazh-nye i spetsial'nye raboty v stroitel'stve. - 2004. - N 3. - S. 22-26.ARKHITEKTURA, DEREVYANNYE DOMA Montazhnye i spetsial'nye raboty v stroitel'stve2004 N 3. - S. 22-26.

3. Naruzhnye ograzhdayushhie konstruksii, adaptirovannye k ispol'zovaniyu ehner-gii prirodnoj sredy// Izv. vuzov. Stroitel'stvo. - 2005. - N 2. - С. 4-8.NARUZHNYE OGRAZHDAYUSHHIE KONSTRUKTSII, STROITEL'NYE KON-STRUKTSII, TEPLOVAYA EHFFEKTIVNOST', EHNERGETIKAИzv. vuzov. Stroitel'stvo2005N 2. - С. 4-8.

4. «Proektirovanie i raschet derevyannykh konstruksij. Spravochnik» / Pod.red. I.M.Grinya. – Kiev: Budivel'nik, 1988. – 240s.

5. Telichenko, V.I. «Tekhnologiya vozvedeniya zdaniy i sooruzhenij» :uchebn. Posob. Dlya vuzov/ V.I. Telichenko, A.A Lapidus, O.M. Terent'ev.. – М.: Vysshaya shko-la, 2004.-446s.

6. Egnus, M. YA. «Vozvedenie karkasnyh zhilyh i obshchestvennyh zdaniy» M.YA. Egnus. – М.: Strojizdat, 1972.

*Воронежский государственный технический университет,
Магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства А.Ю. Новичихин
Канд. техн. наук, проф. кафедры жилищно-коммунального хозяйства Т.В. Шукина
Канд. техн. наук, доц. кафедры автоматизации технологических процессов и производств С.А. Иванов
Канд. техн. наук, доц. кафедры автоматизации технологических процессов и производств А.В. Полуказаков
Магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства Р.С. Шевченко
Россия, г. Воронеж, тел. 8-903-859-15-73,
e-mail: Schukina.niki@yandex.ru*

*Voronezh state technical University
Graduate student of the Department of housing and communal services A.Yu. Novichihin
Cand. tech. sci., Prof. the Department of housing and communal services T.V. Shchukina
Cand. tech. sci., associate prof. the Department of automation of technological processes and productions S.A. Ivanov
Cand. tech. sci., associate prof. the Department of automation of technological processes and productions A.V. Polukazakov
Graduate student of the Department of housing and communal services R.S. Shevchenko
Russia, Voronezh, tel. 8-903-859-15-73,
e-mail: Schukina.niki@yandex.ru*

А.Ю. Новичихин, Т.В. Шукина, С.А. Иванов, А.В. Полуказаков, Р.С. Шевченко

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Рассматриваются перспективы использования фотоэлектрических преобразователей для малоэтажных зданий. Проектирование автономного электроснабжения целесообразно при оснащении домов энергосберегающей бытовой техникой. Получена удельная величина площади устанавливаемых солнечных панелей для большинства регионов второй климатической зоны.

Ключевые слова: солнечная энергия, фотоэлектрические преобразователи, автономное энергообеспечение.

A.Yu. Novichihin, T.V. Shchukina, S.A. Ivanov, A.V. Polukazakov, R.S. Shevchenko

AN ALTERNATIVE SUPPLY OF LOW-RISE BUILDINGS: THE PROSPECTS AND POSSIBILITIES OF USING PHOTOVOLTAICS

The perspectives for the use of photovoltaic converters for low-rise buildings. Designing an Autonomous power supply, it is advisable to equip homes energy efficient appliances. The obtained specific value area installed solar panels for the majority of regions of the second climate zone.

Key words: solar energy, photovoltaic converters, Autonomous power supply.

Сокращение топливных ресурсов, ежегодное повышение тарифов и ухудшение экологической обстановки стимулируют развитие альтернативной энергетики. Одним из самых перспективных и повсеместно доступных источников является солнечное излучение, поэто-

му в последние десятилетия наблюдалось постоянное возрастание количества производителей тепловых коллекторов и фотоэлектрических преобразователей.

Длительное время под влиянием государственных программ поддержки возобновляемой энергетики в странах Евросоюза темпы развития этой отрасли были лидирующими. Так, например, Германия по установленной мощности солнечных электростанций занимала первое место, но низкая стоимость фотопреобразователей (табл. 1), выпускаемых в Китае, привела к всеобщему тренду вытесняющей конкуренции. За последние три года о сворачивании производства солнечных панелей только в Германии объявили не менее четырех компаний, известных своей брендовой продукцией.

В России по ряду причин, основной из которых является достаточная обеспеченность регионов традиционными ресурсами, возобновляемая энергетика развивается очень низкими темпами. Но, не смотря на это, уже сейчас насчитывается несколько крупных производителей фотоэлементов. Однако выпускаемая продукция так же проигрывает по себестоимости китайским аналогам. Но при государственной поддержке производителей и посредством разработки новых технологий, позволяющих повысить КПД используемых полупроводников, ситуация может в корне измениться.

Приоритетные тенденции в солнечном электроснабжении с учетом заполненности российского рынка можно проследить по представленным в табл. 1 основным техническим показателям фотопреобразователей [1-9]. Наибольшее развитие и популярность среди солнечных элементов получили полупроводники на основе монокристаллического кремния (табл. 1, рис. 1). Это обусловлено отработанной технологией производства и относительно высокой эффективностью, которая может достигать 26 %. Но массово выпускаемые фотопреобразователи, как правило, имеют КПД в пределах 14-17 %. Преобладание в количественном выражении кремниевых солнечных элементов вызвано также распространенностью и доступностью данного материала, так как его содержание в земной коре составляет порядка 27 % по массе.

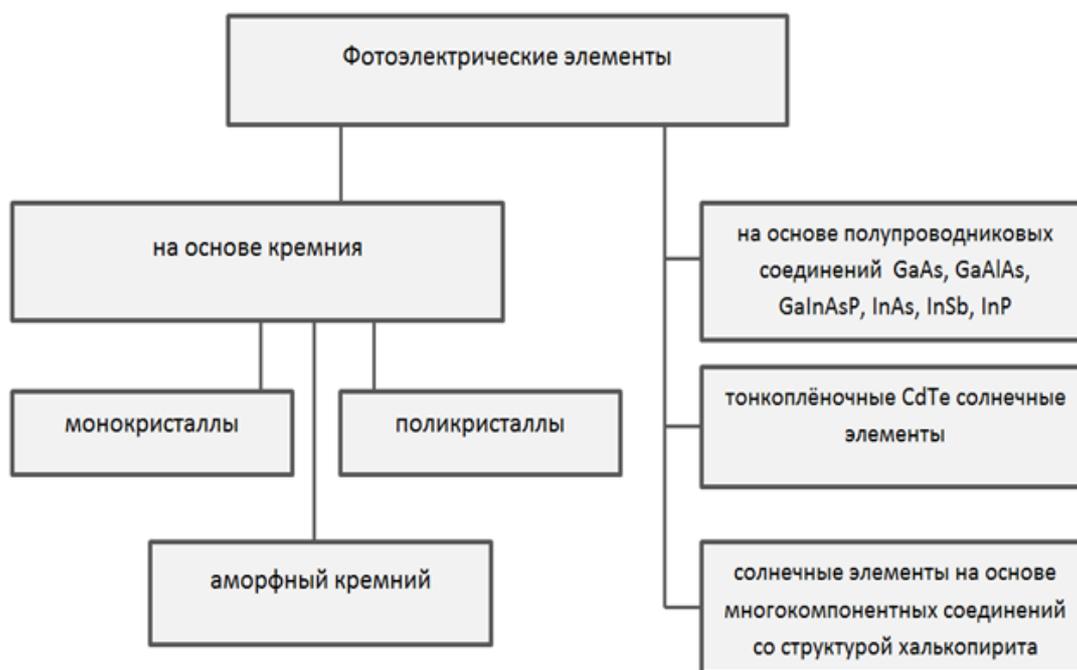


Рис. 1. Классификация фотоэлектрических преобразователей по синтезируемым кристаллам

Поликристаллические кремневые преобразователи подвержены большему влиянию повышенных температур, что снижает показатели мощности и в последствии является разрушительным для них. Последнее обстоятельство сокращает срок службы всей системы альтернативного энергообеспечения, а пониженная эффективность по сравнению с аналогами на

монокристаллах, требует использования большего числа панелей, чтобы на выходе получить те же показатели по мощности.

Преобразователи солнечного излучения из других материалов менее популярны, чем элементы на основе кремния. Ограничением для их более широкого применения является прежде всего высокая себестоимость. На основе этого класса полупроводников формируются как однопереходные, так и многопереходные солнечные элементы.

Третье поколение фотовольтаических преобразователей значительно отличается от предыдущих двух. Их КПД при массовом производстве и отработанной технологии может достичь 45 %, но пока они находятся на этапе разработки и испытаний.

В производстве CdTe солнечных батарей используются редкоземельные элементы кадмий Cd и теллур Te, обладающие сильными токсичными свойствами. Это до некоторой степени сдерживает широкое внедрение CdTe полупроводников, так как возникают в дальнейшем проблемы с утилизацией Cd и его соединений. Последнее приводит к увеличению себестоимости солнечных элементов, что существенно ограничивает их использование для преобразования света.

Многокомпонентные полупроводниковые соединения со структурой халькопирита, в особенности CuInSe_2 , являются перспективными в качестве поглощающего излучения слоя. Солнечные элементы с CuInSe_2 обладают наибольшим потенциалом для дальнейшего их совершенствования, как введением добавок галлия, натрия, серы и кислорода, так и посредством оптимизации технологических процессов, которые на данном уровне развития не позволяют массово синтезировать соединение CuInSe_2 высокого качества.

Дальнейшее развитие и разработка новых поколений полупроводников, вырабатывающих электрическую энергию под воздействием света, будут способствовать их активному использованию в районах малоэтажной застройки. Но при достигаемом фотопреобразователями частичном покрытии нагрузок предпочтение, как правило, отдается традиционным источникам. Однако, учитывая возрастающий интерес у населения к энергосберегающей бытовой технике и возобновляемым ресурсам, рассмотрим в качестве примера возможности автономного энергообеспечения на примере жилого одноэтажного здания, план которого представлен на рис. 2.

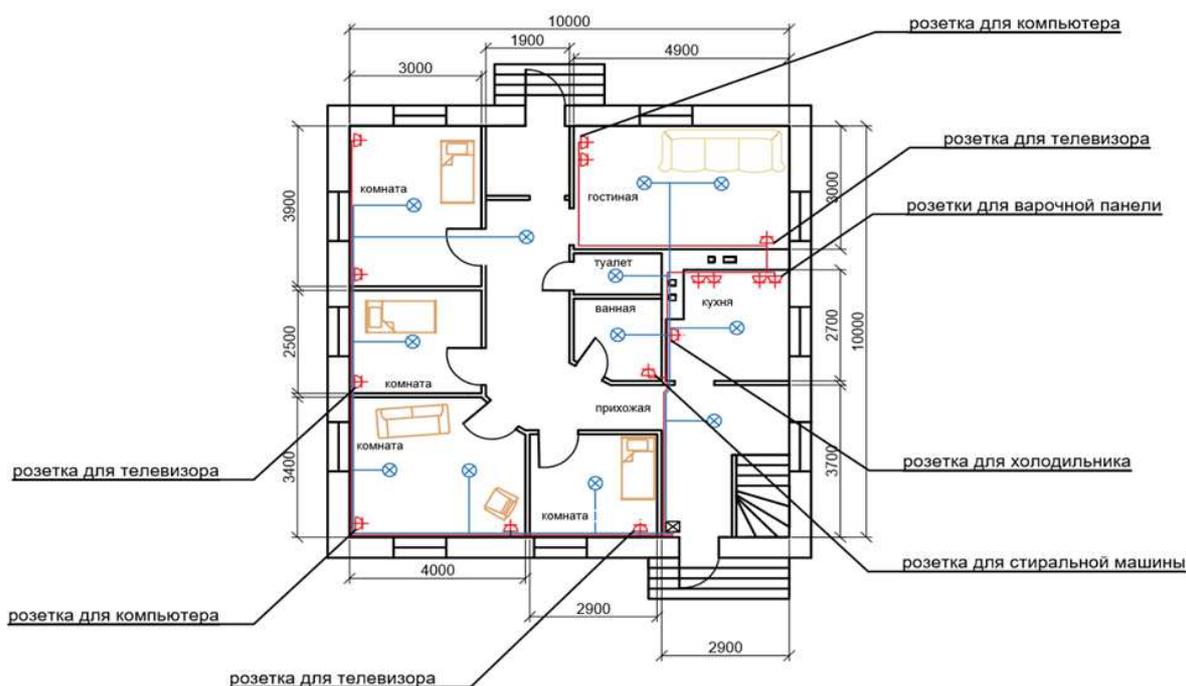


Рис. 2. План размещения бытовой техники и светильников в жилом доме, общей площадью 100 м²

Таблица 1

Технические характеристики фотопреобразователей

Наименование производителя	$P_{ном}$ Вт	$U_{раб}$, В	I_{max} А	Габариты, мм	Стоимость, руб	Тип солнечных элементов	КПД, %	Страна производитель
Sunways 100F	100	12	5,8	1050x540x30	13596	монокристалл	17,6	Китай
Sunways 150F	150	20,5	7,5	1082x796x30	16203	монокристалл	17,6	Китай
Sunways 200F	200	24	6,17	1456x796x30	20486	монокристалл	17,6	Китай
Exmork 150P	150	12	8,7	1326x990x35	11900	поликристалл	17,3	Китай
Exmork 250P	250	24	8,23	1640x990x40	11300	поликристалл	17,3	Китай
Exmork 300P	300	24	9,14	1956x992x45	15650	поликристалл	17,3	Китай
JA Solar 200M	200	24	11	-	14180	монокристалл	-	Китай
Third Solar- 250	250	36,4	7,97	1640x992x40	-	поликристалл	15,3	Китай
Solarworld XL-340-350Вт	350	48	9,7	1993x1001x33	30000	монокристалл	17,54	Германия
Sharp PC-250	250	12,24	8,24	1660x990x40	17550	монокристалл	15,2	Германия
Sharp NU- RS280	280	12,24	8,98	1654x989x40	20770	монокристалл	17,1	Германия
Hanhwa Solar 250Т	250	37,4	8,8	-	19380	поликристалл	15,5	Япония
Canadian Solar 210M	210	24	5,54	1595x801x40	17600	монокристалл	17,6	Канада
Telecom-STV	190	34	5,58	1338x998x43	-	мультикристалл	-	Россия
Солнечный ветер-200	200	18	5,53	1199x543x40	12995	монокристалл	15,36	Россия
Солнечный ветер-250	250	48,6	5,14	1582x1068x40	16990	монокристалл	15,5	Россия

Основные размеры дома (рис. 2) дают возможность получить удельную величину потребления электрической энергии, приходящуюся на 100 м² площади пола, и, соответственно, удельное число требуемых для этой цели фотоэлектрических преобразователей. Для решения задачи автономного электрообеспечения была выбрана энергосберегающая бытовая техника, характеристика которой представлена в табл. 2.

Таблица 2

Рекомендуемое к установке в жилом доме оборудование

Номер группы	Наименование электроприемников	Установленная мощность группы, кВт	Коэффициент спроса, Кс	Коэффициент мощности	Расчетная мощность			Расчётный ток, А
					Расчетная активная мощность, кВт	Расчетная реактивная мощность, кВар	Расчетная полная мощность, кВА	
1	Освещение комнаты 1 (ОК 1) Camelion E27	0,005	0,4	1,00	0,002	0,00	0,00	0,02
2	ОК 2 Camelion E27	0,005	0,4	1,00	0,002	0,00	0,00	0,02
3	ОК 3 Camelion E27	0,005	0,4	1,00	0,002	0,00	0,00	0,02
4	ОК 3 Camelion E27	0,005	0,4	1,00	0,002	0,00	0,00	0,02
5	ОК 4 Camelion E27	0,005	0,4	1,00	0,002	0,00	0,00	0,02
6	Освещение ванной Camelion E27	0,005	0,4	1,00	0,002	0,00	0,00	0,02
7	Освещение туалета Camelion E27	0,005	0,4	1,00	0,002	0,00	0,00	0,02
8	Освещение гостиной Camelion E27	0,005	0,6	1,00	0,003	0,00	0,00	0,02
9	Освещение гостиной Camelion E27	0,005	0,6	1,00	0,003	0,00	0,00	0,02
10	Освещение прихожей Camelion E27	0,005	0,7	1,00	0,004	0,00	0,00	0,02
11	Освещение прихожей Camelion E27	0,005	0,7	1,00	0,004	0,00	0,00	0,02
12	Освещение кухни Camelion E27	0,005	0,6	1,00	0,003	0,00	0,00	0,02
13	Стиральная машинка SAMSUNG WD702U4BKWQE	5,670	0,4	1,00	2,27	0,00	2,27	25,77
14	Телевизор LCD LG 47LM670S	0,330	0,6	1,00	0,20	0,00	0,20	1,50
15	Телевизор LCD LG 47LM670S	0,330	0,6	1,00	0,20	0,00	0,20	1,50
16	Телевизор LCD LG 47LM670S	0,330	0,6	1,00	0,20	0,00	0,20	1,50
17	Холодильник Liebherr CBN 4815	0,150	0,9	1,00	0,14	0,00	0,14	0,68
18	Компьютер Acer Aspire F5	0,300	0,8	1,00	0,24	0,00	0,24	1,36

Номер группы	Наименование электроприемников	Установленная мощность группы, кВт	Коэффициент спроса, Кс	Коэффициент мощности	Расчетная мощность			Расчётный ток, А
					Расчетная активная мощность, кВт	Расчетная реактивная мощность, кВар	Расчетная полная мощность, кВА	
19	Компьютер Acer Aspire F5	0,300	0,8	1,00	0,24	0,00	0,24	1,36
20	Зарядное устройство	0,007	0,4	1,00	0,003	0,00	0,00	0,03
21	Зарядное устройство	0,007	0,4	1,00	0,003	0,00	0,00	0,03
22	Зарядное устройство	0,007	0,4	1,00	0,003	0,00	0,00	0,03
23	Зарядное устройство	0,007	0,4	1,00	0,003	0,00	0,00	0,03
Итого		7,498	0,469	1,000	3,533	0,000	$\sum P = 3,518$	34,082

Чтобы провести расчет альтернативной системы, необходимо суммировать мощность энергопотребляющего оборудования, которое включается одновременно.

Суммарное значение в табл. 2 характеризует мощность нагрузки $P_{НАГР} = \sum P$, зная которую мы сможем рассчитать и подобрать инвертор по формуле:

$$P_{ИНВ} = 1,2 P_{НАГР}, \quad (1)$$

$$P_{ИНВ} = 1,2 \cdot 3,518 = 4,23 \text{ кВт.}$$

Для расчета емкости аккумуляторов, необходимой на один час работы оборудования, воспользуемся формулой:

$$E_A = \frac{W_{НАГР}}{U_A}, \quad (2)$$

где E_A - емкость аккумулятора, А·ч;

U_A - напряжение аккумулятора, В;

$W_{НАГР}$ - часовое расчетное потребление электроэнергии, Вт·ч.

$$E_A = \frac{3518}{12} = 293 \text{ А·ч.}$$

При выборе свинцового кислотного аккумулятора марки Leoch LPG 12-100 требуемое количество находим из соотношения:

$$N = \frac{293}{100} = 2,93 \text{ шт.}$$

При общем количестве 3 шт. полное время зарядки аккумуляторов согласно паспортным данным может составлять от 2 до 4 ч.

Для расчёта необходимого количества фотоэлектрических панелей необходимо знать мощность потока солнечной энергии для данного региона. Среднегодовое поступление излучения (табл. 3) в различных климатических зонах определяется согласно статистическим данным, которые учитывают продолжительность светового дня, количество пасмурных дней и другие показатели.

Рассмотрим возможность утилизации солнечной энергии в климатических условиях Московской области. Расположение Воронежа в той же зоне энергооблученности дает основание утверждать, что альтернативная система будет иметь в совокупности такое же количество оборудования, но при большей вырабатываемой мощности.

Фотопреобразователи являются вспомогательным источником, поэтому извлекаемая мощность идет на зарядку аккумуляторов. Зная необходимое время зарядки аккумуляторов, можем определить требуемую мощность солнечных панелей.

$$W = \frac{E_A E_t U_A}{t_{ЗАР}}, \quad (3)$$

где E_t – коэффициент разрядки аккумуляторов;
 $t_{ЗАР}$ – время зарядки аккумуляторов, ч.

$$W = \frac{293 \cdot 0,5 \cdot 12}{3} = 586 \text{ Вт} \cdot \text{ч/день}$$

Время, с которым фотоэлектрическая установка ФЭУ работает с номинальной мощностью, можно определить по формуле:

$$t_{НОМ} = \frac{\mathcal{E}_\beta^Г}{P_{ПИК}}, \quad (4)$$

где $\mathcal{E}_\beta^Г$ – среднесуточный приход солнечной радиации, Вт·ч/(м²·день);
 $P_{ПИК}$ – приход пиковой мощности на 1 м² площадки составляет 1000 Вт/м².

Таблица 3

Суммарная средняя солнечная радиация, поступающая на горизонтальную площадку, кВт/(м²·день)

Город	Среднемесячные показатели												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Москва	0,50	0,94	2,63	3,07	4,69	5,44	5,51	4,26	2,34	1,08	0,56	0,36	2,62
Екатеринбург	0,64	1,50	2,94	4,11	5,11	5,72	5,22	4,06	2,56	1,36	0,72	0,44	2,87
Санкт-Петербург	0,35	1,08	2,36	3,98	5,46	5,78	5,61	4,31	2,60	1,23	0,50	0,20	2,79

В качестве базового месяца выбран апрель, так как к этому времени достигается достаточная для утилизации интенсивность поступления солнечного излучения, а в летний сезон наблюдаемый перегрев панелей снижает КПД системы и вырабатываемая мощность будет незначительно отличаться

$$t_{НОМ} = \frac{3070}{1000} = 3,07 \text{ ч/день}$$

Определить мощность, которую необходимо выработать за день можно из соотношения

$$P = \frac{W}{t_{НОМ}}, \quad (5)$$

$$P = \frac{586}{3} = 195 \text{ Вт}$$

В качестве базового оборудования используем солнечные панели Exmork 150P, номинальной мощностью $P_{НОМ}=150$ Вт.

Отсюда необходимое количество фотомодулей будет равно $264/150=1,76$ шт., то есть общее количество составляет 2 шт. При этом площадь солнечных панелей для принятой марки равна 2,6 м².

Следовательно, в климатических условиях Московской области требуемая площадь солнечных панелей при энергосберегающих бытовых электроприборах составляет 2,6-3 м². Данную величину можно в какой-то мере считать относительной, так как их общая мощность покрывает нагрузку здания с суммарной площадью пола помещений 100 м². Соответственно, полученная удельная характеристика позволяет для климатических зон, попадающих в диапазон среднегодового излучения от 2,5 до 3,5 кВт/м², зная проектную площадь помещений, ориентировочно определить количество требуемого оборудования.

Библиографический список

1. Гременок В.Ф., Тиванов М.С., Залесский В.Б. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов// Международный научный журнал «Алтернативная энергетика и экология», Научно-технический центр «ТАТА», 2009. – С. 59-124.
2. Аккумуляторные батареи. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт. НИИАТ. - М.: Транспорт, 1970. – 196 с.
3. <https://rodovid.me>, дата обращения 16.04.2017 г.
4. <http://electricadom.com>, дата обращения 16.04.2017 г.
5. <http://solarcrown.ru>, дата обращения 29.03.2017 г.
6. <http://www.translatorscafe.com>, дата обращения 13.04.2017 г.
7. <http://khd2.narod.ru>, дата обращения 18.04.2017 г.
8. <http://okzo.ru>, дата обращения 19.04.2017 г.
9. <http://www.alfae.ru>, дата обращения 19.04.2017 г.

References

1. Gremenok V.F., Tivanov M.S., Zaleski V.B. Solar cells based on semi-conductor materials// international scientific journal "Alternative energy and ecology", Scientific technical center "ТАТА", 2009. – P. 59-124.
2. Battery. Operation, maintenance and repair. НИИАТ. - М.: Transport, 1970. – 196 p.
3. <https://rodovid.me>, date of access 16.04.2017 г.
4. <http://electricadom.com>, date of access 16.04.2017 г.
5. <http://solarcrown.ru>, date of access 29.03.2017 г.
6. <http://www.translatorscafe.com>, date of access 13.04.2017 г.
7. <http://khd2.narod.ru>, date of access 18.04.2017 г.
8. <http://okzo.ru>, date of access 19.04.2017 г.
9. <http://www.alfae.ru>, date of access 19.04.2017 г.

*Воронежский государственный
технический университет
Профессор кафедры проектирования
зданий и сооружений Э.Е. Семенова;
Магистр кафедры проектирования зданий
и сооружений С.О. Габитова
Россия, г. Воронеж, тел. +7(920)456-02-67*

*Voronezh State
Technical University
Professor of the designing of buildings and
construction faculty E.E. Semenova
Master of the designing of buildings and
construction faculty S.O. Gabitova
Russia, Voronezh, tel.+7(920)456-02-67*

Э.Е. Семенова, С.О. Габитова

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ БОЛЬНИЦ

Обобщены методы повышения энергетической эффективности общественных зданий. Рассмотрена концепция повышения энергоэффективности реконструируемых общественных зданий на примере медицинских учреждений.

Ключевые слова: Реконструкция, энергосбережение, энергоэффективность, общественные здания.

E.E. Semenova, S.O. Gabitova

MEASURES TO ENERGY EFFICIENCY IN RECONSTRUCTION OF BUILDINGS OF HOSPITALS

The article summarizes the methods of increasing the energy efficiency of public buildings. The concept of increasing the energy efficiency of reconstructed public buildings is considered on the example of medical institutions.

Keywords: Reconstruction, energy saving, energy efficiency, public buildings.

Важнейшей социально-экономической задачей в настоящее время является перевод экономики Российской Федерации на интенсивный путь развития с целью повышения уровня качества жизни населения и решения полного комплекса социальных задач. Проведение такой политики диктует необходимость решения проблем воспроизводства зданий и сооружений, прежде всего относящихся к жилищному фонду и к общественной сфере, с целью ликвидации имеющего место на соответствия технического состояния и функционально-потребительских качеств жилых и общественных зданий действующим нормативам и требованиям населения. Поэтому один из наиболее актуальных направлений развития городов и поселений городского типа является задача обеспечения эффективного капитального ремонта и реконструкции зданий.

В качестве энергоэффективных технологий рассматривают различные приемы, начиная с особых объемно-планировочных решений, и классических приемов утепления наружных стен, заканчивая сугубо технологическими приемами, не затрагивающими конструкций здания [1].

Приступая к процессу реконструкции зданий, необходимо стремиться максимально применить энергосберегающие технологии.

Здания больниц являются крупными потребителями энергии, при этом энергия используется множеством систем и установок таких учреждений. По оценке иностранных специалистов, возможно снижение затрат энергии на климатизацию и освещение таких зданий от 20% (немецкие специалисты) до 44% (голландские специалисты)[2].

Снижение затрат энергии на 10% может быть достигнуто при помощи простых энергосберегающих мероприятий, не требующих значительных капитальных затрат. Примером подобных мероприятий является отключение неиспользуемых осветительных приборов, системы вентиляции, другого оборудования, а также снижение освещенности или воздухообмена до минимально допустимых уровней (но без ущерба для здоровья или комфорта людей, находящихся в здании). Другие простые энергосберегающие мероприятия заключаются в регулярном обслуживании оборудования и приборов (замена воздушных фильтров, чистка осветительных приборов, контроль и своевременная замена уплотнений в трубопроводах, проверка термостатических вентилей и т.д.)[3].

Основными потребителями электроэнергии в зданиях больниц являются системы вентиляции и освещения, а потребителями тепла – системы отопления и горячего водоснабжения. Общее энергопотребление этих четырех систем составляет около 75% энергопотребления здания.

Для помещений больниц высокие требования предъявляются к влажности воздуха. Слишком сухой воздух может привести к обезвоживанию организма пациента, а слишком влажный способствует выпадению конденсата и вызывает рост грибов. Обычно влажность нормируется на уровне 35-70% при температуре помещений 22-26°C, но поскольку увлажнение и, особенно, осушение воздуха являются очень дорогими мероприятиями, они часто используются только в помещениях с повышенными требованиями к качеству микроклимата – в операционных, палатах интенсивной терапии и т.д.

Система вентиляции здания больницы рассчитывается из гигиенических соображений и обычно составляет 35-140 м³/ч на человека в зависимости от назначения помещения (например, палаты общей или интенсивной терапии). Операционные относятся к помещениям с самыми высокими требованиями к системе вентиляций. Уровень воздухообмена в операционных составляет приблизительно 30-55 м³/(ч*м²) [3].

Для обеспечения комфортных условий и хорошего психологического состояния пациентов в больничных зданиях большое внимание уделяется окнам. Их размеры, форма и расположение должны не только обеспечивать требуемый уровень естественной освещенности, но и обеспечить хороший обзор окружающей местности. Это помогает пациенту обрести чувство контакта с внешним миром, что является важным в психологическом отношении и может способствовать процессу выздоровления.

Однако увеличение размеров окон может способствовать увеличению перегрева и появлению нежелательного яркого освещения, что приводит к дискомфорту пациентов и увеличивает затраты энергии на охлаждение. По этой причине в зданиях предусматриваются солнцезащитные устройства, управляемые автоматически, но при этом допускающие и ручное управление.

Кроме этого, в зданиях больниц обычно имеются помещения без окон. В этом случае для обеспечения психологического комфорта необходим тщательный выбор схемы искусственного освещения.

При реконструкции существующих зданий рекомендуется проводить следующие энергоэффективные мероприятия:

Мероприятия по увеличению энергетической эффективности системы отопления:

- индивидуальное регулирование температуры помещений для создания комфортных параметров микроклимата и сохранения энергии;
- применение термостатических вентилей на радиаторах для автоматического поддержания заданной температуры помещений;

- использование индивидуальных водонагревателей;

- замена бойлеров при реконструкции на более эффективные модели;

Мероприятия по увеличению энергетической эффективности ограждающих конструкций здания:

- применение эффективной теплоизоляции покрытия для снижения теплотерь;

- применение солнцезащитных устройств для уменьшения теплоступлений солнечной радиацией в летнее время;

Мероприятия по увеличению энергетической эффективности освещения здания:

- замена ламп накаливания компактными люминесцентными лампами для снижения энергопотребления;

- замена люминесцентных ламп старого образца новыми энергосберегающими лампами и замена пускорегулирующей арматуры для снижения энергопотребления;

Мероприятие по увеличению энергетической эффективности вентиляции:

- применение в вентиляционных агрегатах вентиляторов с переменной скоростью вращения для уменьшения воздухообмена в периоды, когда помещение не используется;

- использование «свободного охлаждения» для повышения комфорта в помещениях и снижения затрат энергии на охлаждение;

- использование утилизации тепла удаляемого воздуха для подогрева приточного воздуха или для использования в системах отопления и горячего водоснабжения.

Значительное снижение затрат энергии на климатизацию и освещение зданий возможно при установке системы автоматического управления инженерным оборудованием. Установка такой системы возможна как в строящихся, так и в реконструируемых зданиях.

Внедрение данных мероприятий дает весьма значительные экономические и финансовые показатели. Так, экономический эффект энергосбережения показывает снижение доли топливно-энергетических ресурсов в себестоимости продукции, рост (в том числе удельный) производительности, товарооборота, производства услуг, повышения капитализации зданий. Повышение энергоэффективности здания с точки зрения финансового эффекта от комплекса перечисленных мероприятий заключается в снижении платежей за энергоресурсы, экономии бюджетных средств и, главным образом, в окупаемости данных мероприятий.

Библиографический список

1. Чужинова Ю.Ю., Семенова Э.Е. Актуальность проблемы энергосбережения и пути ее решения. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2014. №1. С. 138-141.

2. Шойхет Б.М. Концепция энергоэффективного здания. Европейский опыт. М., 2007, С. 62-65.

3. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания. М., АВОК-ПРЕСС, 2015, 193 с.

References

1. Chuzhinova Yu.Yu., Semenova E.E. The urgency of the problem of energy saving and the ways of its solution. Voronezh State University of Architectural and Civil Engineering. Series: High technologies. Ecology. 2014. №1. S. 138-141.

2. Shoikhet B.M. Konceptija energojeffektivnogo zdanija. Evropejskij opyt. Moscow, 2007, S. 62-65.

3. Tabunshchikov Yu.A., Brodach M. Jenergojeffektivnyje zdanija. Moscow, ABOK-PRESS, 2015, 193 sec.

УДК 621.316:69.059.35

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. тех. наук, проф. кафедры
проектирования зданий и сооружений
Э.Е. Семенова
студент института магистратуры
О.Н. Горбачёва
Россия, г. Воронеж, тел. +7(919)322-15-44
e-mail: oly.vgasu@gmail.com*

*The Voronezh State
Technical University
Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of
Civil Engineering
E.E. Semenova
Student of Institute of Master Degree
O.N. Gorbachev
Russia, Voronezh, tel. +7 (919) 322-15-44
e-mail: oly.vgasu@gmail.com*

Э.Е. Семенова, О.Н. Горбачёва

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ТУРИСТИЧЕСКИХ БАЗ СТАРОЙ ПОСТРОЙКИ

Рассмотрены некоторые способы повышения энергоэффективности зданий старой постройки путём реконструкции или замены основных ограждающих конструкций, приведено процентное соотношение экономии тепловой энергии при внедрении мероприятий по энергосбережению.

Ключевые слова: Реконструкция, здания старой постройки, энергия, ограждающие конструкции, энергоэффективность, энергопотребление, окупаемость.

E.E. Semenova, O.N Gorbacheva

INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS OF TOURISTIC BASES OF OLD CONSTRUCTION

Some ways of increasing the energy efficiency of old buildings by means of reconstruction or replacement of basic enclosing structures are considered, the percentage of saving thermal energy is introduced when implementing energy saving measures.

Key words: Reconstruction, old buildings, energy, enclosing structures, energy efficiency, energy consumption, recoument.

Большинство зданий старой постройки испытывают большие теплопотери через наружные ограждающие конструкции и не отвечают современным требованиям. Поэтому в настоящее время остро стоит вопрос об их реконструкции.

Реконструкция старой постройки, является наиболее рациональным способом её использования и решения жилищной проблемы при ограниченных финансовых ресурсах государства. Она позволяет придать физически изношенным и морально деградировавшим жилым зданиям туристических баз современные потребительские качества, продлить их жизненный цикл, снизить эксплуатационные затраты, существенно улучшить архитектурный облик и среду обитания.

Можно выделить основные и наиболее рациональные пути реконструкции с пониженным энергопотреблением:

- увеличение термического сопротивления ограждающих конструкций здания (наружных стен, покрытий, перекрытий над неотапливаемыми подвалами) до технически возможного максимального уровня;
- повышение до максимального технически возможного уровня термического сопротивления светопрозрачных ограждающих конструкций;
- создание системы вентиляции для подачи свежего воздуха, удаления отработанного воздуха, распределения теплоты в помещении и организация регенерации теплоты вентиляционного воздуха.

Сочетание указанных выше факторов обеспечивает минимальное энергопотребление здания, при этом определяющими факторами повышения энергоэффективности здания являются увеличение термического сопротивления его конструктивных элементов.

Энергопотребление зданий зависит от уровня теплозащитных качеств наружных ограждающих конструкций, объемно-планировочного решения, системы вентиляции и оснащения инженерным оборудованием. Имеются важные особенности энергосбережения в зданиях старой постройки, связанные с тем, что низкий уровень теплозащиты ограждающих конструкций является основной причиной нарушения комфортности и перерасхода энергии на отопление здания. Роль теплозащитных качеств наружных ограждающих конструкций в энергетическом балансе здания при эксплуатации постоянна во времени, а роль отопительной, вентиляционной систем, контрольной и регулировочной аппаратуры, а также теплообменников переменна.

Зарубежный опыт реконструкции и модернизации малоэтажных жилых зданий, выполненных из сборных конструкций, использует различные технические решения, способствующие доведению до требуемого уровня комфортности проживания, повышению эксплуатационной надежности как строительных, так и инженерных систем, направленных на снижение теплопотерь, расхода холодной и горячей воды, управление микроклиматом помещений в различные сезоны года. Наиболее характерными приемами и технологиями по реконструкции, модернизации и санации домов пользуются скандинавские страны (Финляндия, Швеция), страны центральной Европы (Германия, Франция).

В России основной проблемой жилых корпусов туристических баз являются низкая энерго- и ресурсоэффективность, обусловленные износом элементов конструкции зданий за время эксплуатации без восстановительных ремонтов. Реконструкция и модернизация существующих построек повышает комфортабельность и качество туристических баз и снижает затраты на задействие новых территорий для застройки.

В зависимости от характера застройки используют различные технологические схемы повышения эксплуатационной надежности и энергоэффективности зданий. Массовой технологией является санация, основанная на замене оконных и балконных заполнений, инженерного оборудования, ремонте балконных элементов и устройстве специальных ограждений, ремонте внутренних помещений, утеплении фасадных поверхностей, чердачных и подвальных перекрытий, восстановлении кровельных покрытий. Одним из важных этапов санации является снижение теплопотерь за счет исключения вентиляционного эффекта путем устройства специальных входных тамбуров, замены дверных заполнений на более энергоэффективные.

В настоящее время также актуальна тема развития альтернативных способов получения энергии. И одним из наиболее перспективных направлений является получение солнечной энергии. Применять её, возможно, как для освещения помещений и поддержания необходимой инсоляции, так и для нагревания воды и обогрева всего здания. Солнечные коллекторы устанавливаются, как правило, на крышу каждого из зданий, но возможно применение отдельных конструкций для оснащения комплекса зданий. Основные трудности реализации такого подхода связаны с тем, что изменение теплозащитных качеств наружных

стен влечет за собой и изменение их температурно-влажностного режима, прочности, долговечности, а также усложнения в конструировании ограждений.

Экономия тепловой энергии при внедрении энергосберегающих мероприятий может достигнуть по зданиям первых типовых серий, подлежащих реконструкции, в среднем 59 %, в том числе:

- 25 % – за счет повышения теплозащиты наружных стен и чердачных перекрытий в холодных чердаках;
- 10 % – за счет повышения теплозащиты окон;
- 6 % – за счет сокращения избыточного воздухообмена в помещениях;
- 18 % – за счет устройства автоматизированного узла управления системой отопления и установки термостатов на отопительных приборах.

Сроки окупаемости мероприятий зависят от материалов и высоты здания, толщины теплоизоляционного слоя, облицовочного материала, фирмы-производителя материалов, но не превышают 5-10 лет, т.к. экономия тепловой энергии достигает 40-60%.

Таким образом, энергосберегающие технологии позволяют решить сразу несколько задач: сэкономить существенную часть энергоресурсов, повысить эффективность зданий и уменьшить нагрузку на окружающую среду.

Реконструкция зданий старой застройки - одна из важнейших проблем современного жилищно-коммунального хозяйства. Создать идеальный и универсальный проект практически невозможно вследствие довольно разного технического состояния сооружений, различных районов строительства. Немаловажно учитывать экономическую целесообразность проекта: выделить наиболее рациональные и выгодные варианты реконструкции и ремонта и в зависимости от каждого конкретного здания подобрать наиболее подходящее решение, а также повысить эффективность зданий и уменьшить нагрузку на окружающую среду. С каждым годом проблема становится наиболее актуальной и требует незамедлительного изучения.

Библиографический список

1. Самарин О.Д. Оценка энергоэффективности зданий и сравнительная эффективность энергосберегающих мероприятий. // Сб. докл. 9-й конф. РНТОС 25 мая 2004 г.
2. Табунщиков Ю.А. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий.- АВОК №5/2009.
3. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения.
4. Семенова Э.Е., Кошелева Д.С. Анализ применения энергосберегающих архитектурных решений при проектировании гражданских зданий.- Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2012. № 1. С. 197-200.

References

1. Samarin O.D. Estimation of energy efficiency of buildings and comparative efficiency of energy-saving measures. // Sat. Doc. 9th Conf. RNTN on 25 May 2004.
2. Tabunshchikov Yu. A. Ways to increase the energy efficiency of operated buildings. - АВОК №5 / 2009.
3. SP 118.13330.2012. Public buildings and facilities.
4. Semenova E.E, Kosheleva D.S. Analysis of the application of energy-saving architectural solutions in the design of civil buildings. - Scientific herald of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High technologies. Ecology. 2012. № 1. P. 197-200.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 622.24

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры проек-
тирования автомобильных дорог и мостов
А.В. Андреев,
магистрант Свиридов В.В.
канд. техн. наук, доцент. кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
А.Н. Щиенко
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-62
e-mail: aavturbo@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of Design of Highways and Bridges
A.V. Andreev
undergraduate Sviridov V.V.
Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engineer-
ing mechanics A.N. Shchiyenko
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-62
e-mail: aavturbo@yandex.ru*

А.В. Андреев, В.В. Свиридов, А.Н. Щиенко

МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОКОВ С АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В статье рассматриваются основные методы по снижению уровня загрязнения сточных вод с поверхности дорог. Особое внимание обращается на предотвращение попадания вредоносных веществ на поверхность проезжей части и очистку сточных вод перед сбросом их в централизованную канализацию. На основе анализа этих методов определяется более действенный и выгодный способ очистки.

Ключевые слова: ЛОС (локальные очистные сооружения), сточные воды, анализ, загрязнение.

A.V. Andreev, V.V. Sviridov, A.N. Shchiyenko

METHODS OF IMPROVEMENT TECHNOLOGY WASTEWATER TREATMENT FROM ROADS

The article deals with the basic methods for reducing wastewater pollution from the road surface . Particular attention is drawn to prevent the ingress of harmful substances on the surface of the roadway and the treatment of wastewater before being discharged into the centralized sewage system. Based on the analysis of these methods is determined by a more efficient and profitable cleaning method.

Keywords: LOS (local wastewater treatment plants), waste water analysis, contamination.

В связи с ростом населения в крупных городах и значительным увеличением количества автомобилей, особую актуальность в России приобретают экологические проблемы.

Анализ статистических данных показывает, что в Воронеже за несколько лет (с 2010 по 2016 г.г.) население возросло на 14 % и составило около 1032 тыс. человек. Рост населения ес-

тественным образом привел к масштабному развитию транспортной инфраструктуры [1]. Согласно государственным базам данных регистрации автомобилей и данным статистики, в 2010 году по всему миру было зарегистрировано 1 миллиард 15 миллионов единиц транспортных средств, а уже в 2016 году это число выросло до 1 миллиарда 40 миллионов [2].

Проводимые в России и за рубежом исследования воздействия автомобильного транспорта на экологию чаще всего сводятся к оценке загрязнения воздушной среды и шумового уровня, при этом незначительное внимание уделяется загрязнению прилегающей к автомобильной дороге территории, водоемов и грунтовых вод дорожными поверхностными стоками. Это объясняется тем, что процесс загрязнения сточных вод при строительстве и эксплуатации транспортных объектов изучен мало, и доля загрязнения от дорог и автомобильного транспорта представляет собой относительно малый процент загрязнения в общем объеме негативного воздействия на окружающую среду. Тем не менее, в странах с развитой транспортной системой самым большим загрязняющим воздействием на водные объекты и прилегающие к дорогам реки, и территории оказывает именно автомобильный транспорт [7]. Как и в других странах в России решению данной проблемы уделяют достаточно мало внимания из-за сложности определения вида загрязнения или его источника. Кроме того, для устранения и предупреждения негативного воздействия на водные объекты, находящиеся в непосредственной близости от дорог, необходимо достаточно дорогое и требующее квалифицированного обслуживания оборудование.

Загрязняющие вещества, источником которых являются автомобили, попадают в дорожные поверхностные сточные воды, зачастую представляют собой высокотоксичные химические соединения. Наиболее распространенными источниками загрязнения являются моторное масло и смазочные материалы. Эти вещества, как и сырая нефть, способны снижать содержание растворенного в воде кислорода, разрушать водную флору, но они более токсичны, чем нефть, так как содержат в определенных количествах свинец, кобальт, гликоль, высокомолекулярные углеводороды, продукты неполного сгорания топлива [3]. Время биологического самоочищения для этих загрязняющих веществ может варьироваться от нескольких дней до десяти лет, так как, к примеру, масляные пленки быстрее рассеиваются в водоемах с проточной водой.

Еще одним источником, загрязняющим поверхностные стоки, является антифриз – токсичная жидкость, на 95% состоящая из этиленгликоля и используемая для охлаждения двигателя. Такие химические элементы, как медь, цинк, железо, свинец и никель поступают в поверхностные стоки с автомобильных дорог и мостов из металлической пыли тормозных накладок автомобиля. Таким образом, увеличение автомобильного парка страны приводит к неизбежному загрязнению поверхностных стоков, а через них – атмосферы, грунтов, подземных и поверхностных вод [5].

Существует несколько подходов к решению данных экологических проблем. Основная идея первого подхода - существенное снижение уровня вредных выбросов в окружающую среду от автомобильного транспорта. Решение такой задачи для России возможно только в случае массового выпуска автомобилей, соответствующих требованиям Европейских экологических норм. Однако в решении этих вопросов наша страна отстает от зарубежных стран на несколько лет. В начале 1993 г. за границей были введены экологические правила ЕЭК ООН и нормы Евро -1, жестко регламентирующие токсичность автомобильных выхлопных газов и запрещающие использование этилированного бензина. В течении последующих нескольких лет нормы дополнялись и повышались требования к снижению токсичных веществ. Эти требования отражены в нормах Евро 2, Евро 3. В нашей стране Федеральный закон «О

запрете производства и оборота этилированного бензина в Российской Федерации» был введен в действие только 1 июля 2003 г. [5] законопроект о введении технического регламента «О требованиях к бензинам, дизельному топливу и другим горюче-смазочным материалам». Однако, переход к нормам, указанным в Законе будет осуществляться долгие годы.

Вторым, и более действенным подходом является совершенствование норм проектирования дорожного водоотвода и использование определенных элементов обустройства дорог в виде ЛОС (локальных очистных сооружений). Анализ зарубежных источников показывает, что во многих странах уже на стадии проектирования автомобильных дорог все чаще рассматриваются конструкции, выполняющие роль щелевого дренажа для сбора поверхностных стоков.

Сбор поверхностных стоков производится в открытые щелевые водосборные лотки, располагаемые вдоль проезжей части или разделительной полосы, с последующим их отводом в ливневую канализацию или водопропускные трубы. Первоначально система дорожного водоотвода на основе щелевых дрен за рубежом применялась исключительно в городских условиях, при этом водоотводный лоток, располагаемый параллельно оси автомобильной дороги, выполнял роль как водосборного сооружения, так и бордюра [6]. Схема дорожного водоотвода на основе щелевых дрен приведена на рисунке 1.

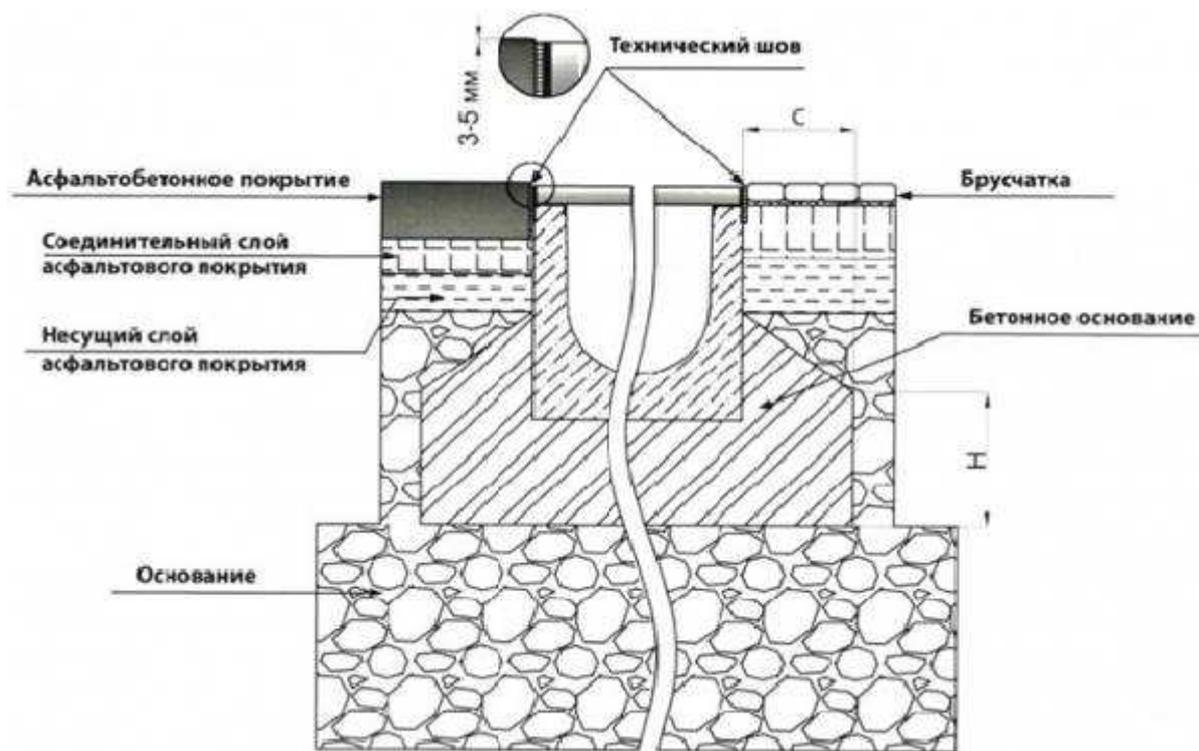


Рис. 1. Схема дорожного водоотвода

Такие конструктивные проектные решения требуют особого подхода к решению вопросов совершенствования технологического процесса, устройства водоотводных конструкций, применению высококачественных материалов и развитию системы их содержания в течение всего года. Именно по причине трудоемкости содержания в период эксплуатации рассматриваемая система водоотвода со щелевыми закрытыми лотками не получила широкого применения на территории России. Отсутствие оборудования для содержания и достаточно суровые климатические условия в зимний период не позволяют использовать щелевые лотки к нашей стране [6].

Локальные очистные сооружения (ЛОС) на автомобильных дорогах достаточно успешно нашли применение на дорогах в России. ЛОС (автономная канализация) – это комплекс очистных сооружений для приема и очистки бытовых стоков, ливневых (дождевых) стоков и промышленных сточных вод от объектов, не имеющих доступа к общегородским канализационным сетям. Конструктивно они представляют собой систему последовательно соединенных резервуаров с размещенным внутри них оборудованием, обеспечивающим очистку сточных вод от взвешенных веществ, масел и нефтепродуктов. Блочное построение оборудования позволяет компоновать систему очистки сточных вод в широком диапазоне технических характеристик и поставленных задач. Схема ливневой канализации такова: блок пескоотделителя, маслобензоотделитель, сорбционный блок, распределительный колодец, колодец отбора проб, аккумулирующая емкость и блок УФ обеззараживания. Схема ливневой канализации может меняться в зависимости от условий объекта, на котором она будет установлена. Принципиальные схемы позволяют предварительно оценить уровень проекта, масштабы затрат и получение выгод. Ливневая канализация используется при очистке поверхностного стока с территории АЗС, автопарковок, трасс, территории промышленных предприятий, культурно оздоровительных комплексов, загородных магазинов и гипермаркетов, а также других объектов строительства. В частности, такая технология очистки стоков применяется в г. Воронеже на набережной Массалитинова с 2010 г., схема представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Принципиальная схема ливневой канализации, выполненная в едином корпусе

Анализ нескольких подходов выявил сильные и слабые стороны основных методов избегания загрязнения сточных вод в России. Итоговыми решениями по данной проблеме стали методы которые в совокупности могут дать оптимальную защиту окружающей среды в общем и водного баланса, в частности.

Наряду с ЛОС может использоваться и такая система очистки стоков с дорог как гидробиологическая очистка сточных вод. Эффект очистки в гидробиологических очистных сооружениях (ГБОС) связан с жизнедеятельностью водных растений. В процессе фотосинтеза водные растения поглощают и утилизируют в своих органах значительное количество веществ, содержащихся в сточных водах. В водоемах с водными растениями в 3-5 раз интенсифицируются процессы разложения нефтепродуктов за счет нефтеокисляющих бактерий. Макрофиты способствуют всплыванию нефтепродуктов, осевших на дно, и их разрушению. Опыт эксплуатации ГБОС показывает, что для большинства районов страны наиболее перспективны для очистки сточных вод – тростник озерный, рогоз узко- и широколистный, элодея канадская. Эти растения распространены повсеместно и интенсивно очищают воду от нефтепродуктов, фенолов и тяжелых металлов [4].

Более действенным считается второй метод, метод очистки сточных вод перед ее дальнейшей транспортировкой в водоемы или самотечную канализацию. Так как являясь систе-

мой, которая установлена под землей, состоит из системы труб, уложенных в траншеи под определенным углом на специально рассчитанной глубине, требует сравнительно небольших затрат при установке, и минимальных затрат при эксплуатации. Система может быть рассчитана как для равнинной местности так и для холмистой, может использоваться при низких и высоких температурах соответствующих широтам России. Испытание и расчеты данного метода будут проводиться и в дальнейших исследованиях сточных вод дорожного полотна.

Таким образом применение второго метода, а именно очистки сточных вод, является необходимым в снижении вредоносного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

Библиографический список

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
2. http://rst.ua/autonews/auto/1_8568.html/.
3. Small Spills: Preventing Oil Spills/United States Coast Guard.-2001.
4. Дегтярев С. Д. Принципы работы и опыт применения сооружений гидробиологической очистки в дорожно - мостовом проектировании./ Научно технический информационный сборник 2006г. - 33 с.
5. Ильина А.А. Влияние автомобильного транспорта на загрязнение поверхностных стоков с автомобильных дорог и мостов. / Научно технический информационный сборник 2004г.- 29 с.
6. Ильина А.А. Проектные решения систем дорожного водоотвода в Чехии. / Научно технический информационный сборник 2004г. -41 с.
7. Ильина А.А, Экологические аспекты очистки поверхностных стоков с автомобильных дорог / Сб.науч.-метод. Работ по повышению уровня обоснованности проектов автомобильных дорог и сооружений на них.-М.: ГП «Союздорпроект», 2004.

References

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
2. http://rst.ua/autonews/auto/1_8568.html/.
3. Small spills: preventing oil spills/united states coast guard.-2001.
4. Degtjarev s. D. Principy raboty i opyt primenenija sooruzhenij gidrobiologicheskoj ochistki v dorozhno - mostovom proektirovanii./ nauchno tehnicheskij informacionnyj sbornik 2006g. - 33 s.
5. Il'ina a.a. vlijanie avtomobil'nogo transporta na zagrjaznenie poverhnostnyh stokov s avtomobil'nyh dorog i mostov: / nauchno tehnicheskij informacionnyj sbornik 2004g.- 29 s,
6. Il'ina a.a. proektnye reshenija si stem dorozhnogo vodootvoda v chehii. / nauchno tehnicheskij informacionnyj sbornik 2004g. -41s.
7. Il'ina a.a. jekologicheskie aspekty ochistki poverhnostnyh stokov s avtomobil'nyh dorog / sb.nauch.-metod. Rabot po povysheniju urovnja obosnovannosti proektov avtomobil'nyh dorog i sooruzhenij na nih.-m.: gp «sojuzdorproekt», 2004.

УДК 54.384.2

*Воронежский государственный технический университет,
Канд. техн. наук, доц. кафедры жилищно-коммунального хозяйства М.Н. Жерлыкина
Магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства Н.В. Филатова
Старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения, отопления и вентиляции, филиал ВГТУ, г. Борисоглебск А.П. Зверков
Канд. техн. наук, проф. кафедры жилищно-коммунального хозяйства Т.В. Щукина
Россия, г. Воронеж, тел. 8-900-928-14-71,
e-mail: zherlykina@yandex.ru*

*Voronezh state technical University
Cand. of technical sciences, associate prof. the
Department of housing and communal services
M.N. Zherlykina
Graduate student of the Department of housing
and communal services N.V. Filatova
Senior lecturer of the Department of heat and
gas supply, heating and ventilation, branch of
VSTU, Borisoglebsk A.P. Zverkov
D.Sc.(Engineerin), Prof. the Department of
housing and communal services T.V. Shchukina
Russia, Voronezh, tel. 8-900-928-14-71,
e-mail: zherlykina@yandex.ru*

М.Н. Жерлыкина, Н.В. Филатова, А.П. Зверков, Т.В. Щукина

ВЛИЯНИЕ АВТОМАГИСТРАЛИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БОРИСОГЛЕБСКА

Выполнены натурные исследования по определению воздействия загрязняющих веществ от транспортных потоков на одной из самых загруженных магистралей города Борисоглебска. Установлено снижение выбросов при уменьшении напряженности пути. Обоснованы и рекомендованы возможные способы сокращения количества проезжающих автомобилей.

Ключевые слова: автомагистраль, транспортный поток, загрязняющее вещество, предельно-допустимая концентрация, мониторинг.

M.N. Zherlykina, N.V. Filatova, A.P. Zverkov, T.V. Shchukina

THE IMPACT OF THE MOTORWAY ON THE ENVIRONMENT ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF BORISOGLEBSK

Completed field studies to determine the effects of over-Gryaznaya substances from traffic on one of the most loaded-located highways of the city of Borisoglebsk. The decrease of emissions with decreasing tension way. Justified and recommended possible ways of reducing the number of passing cars.

Keywords: motorway, traffic flow, contaminant maximum allowable concentration, monitoring.

В настоящее время всё более возрастающее количество транспортных средств негативно влияет на воздушную среду городов и густо населенных территорий. В основном наиболее интенсивное загрязнение до 75 % вызывают автомобили с двигателями, потребляющими бензин, поэтому одной из первоочередных задач является поиск способов получения дешевого и экологически безопасного для окружающей среды альтернативного топлива.

Совершенствование технологий для решения данной проблемы может быть найдено с отсрочкой на 10...30 лет. В обозначенный период прогнозируемый рост транспортных пото-

ков будет усугублять экологическое состояние окружающей среды крупных городов и придорожных участков загруженных магистралей.

Для повышения экологической безопасности необходимо детально проанализировать напряженности путей сообщения с поиском эффективных мер по их разгрузке и снижению концентрации вредных веществ, поступающих с выхлопными газами. Эти задачи и возможные методы их решения характерны для большинства городских округов РФ. Однако дорожная обстановка в регионах, как правило, имеет свои особенности, которые в конечном итоге определяют экологическое состояние окружающей среды и возможные способы борьбы с негативными факторами.

Территориальные различия в составе и интенсивности движения автотранспорта зависят от площади и протяженности рассматриваемых городов в двух характерных направлениях, расположения основных промышленных предприятий, планировки жилых кварталов, порайонной плотности населения, действующей дорожно-транспортной схемы, включая адресное размещение автохозяйств, станций бензозаправочных и техобслуживания. Особенности фоновых концентраций вредных веществ обусловлены климатическими условиями, режимами технологических процессов крупных промышленных предприятий, графиками работы различных учреждений, численностью и средним возрастом автопарка.

На основе изучения схемы улично-дорожной сети города, а также информации о транспортной загруженности составляется перечень основных автомагистралей и участков с повышенной интенсивностью движения, а также перекрестков, для которых необходимо провести тщательное обследование в целях последующей разработки необходимых мероприятий по снижению загрязнений. Выявить такие участки можно пользуясь следующим известным положением, по которому к перегруженным относят:

– дорожное движение с интенсивностью, в среднем превышающей 200 автомобилей в час, если численность проживающих в городском округе составляет не более 500 тысяч человек;

– дорожное движение с интенсивностью, в среднем более 400 автомобилей в час, если население городского округа превышает 500 тысяч человек;

Соответствующие такой загруженности автомагистрали или их участки выделяются на карте города, включая перекрестки, для которых требуется проведение дополнительных обследований.

Экологическое состояние окружающей среды на момент проведения натурного эксперимента исследовано статистически и имеет следующие особенности:

– испытания Борисоглебского аккредитованного испытательного лабораторного центра (АИЛЦ) ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» за 2016 год – из 374 пробы атмосферного воздуха 2,6 % не отвечало гигиеническим нормативам по критериям безопасности для здоровья населения. Это в 6,5 раз больше по сравнению с прошлым годом. Суммарный коэффициент загрязнения атмосферного воздуха составил 1,87, что превышает ($K_{АТМ}$) среднеобластной показатель 1,65. В связи с этим возросла заболеваемость детей до 14 лет. Из показателей общей заболеваемости наибольшее количество заболеваний приходится на болезни органов дыхания и системы кровообращения, на что также повлияло ухудшение состояния атмосферного воздуха;

– оценка особенностей формирования санитарно-эпидемиологической ситуации в 2016 году показала, что до 20 % вклада в показатель комплексной антропогенной нагрузки вносит химическое загрязнение атмосферного воздуха. Азот оксида составляет 43% от общего количества приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха. Однако по сравнению с 2015 годом произошло снижение объема выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников на 15 % за счет уменьшения выбросов серы диоксида, углерода оксида, азота диоксида;

– санитарное состояние водоемов на территории Борисоглебского городского округа в 2016 году было удовлетворительным. Качество воды открытых водоемов улучшилось по са-

нитарно-химическим показателям по сравнению с 2015 годом, однако ухудшилось по микробиологическим показателям более чем в 9 раз;

– качество водопроводной воды ухудшилось по сравнению с 2015 годом, особенно по микробиологическим показателям. Приоритетными загрязнителями питьевой воды из систем централизованного водоснабжения на территории области являются общая жесткость, нитраты. Количество аварий в 2016 году на сетях водопровода увеличилось на 10 %. Однако количество источников централизованного водоснабжения, не отвечающих санитарным нормам и правилам из-за отсутствия зон санитарной охраны, уменьшилось и составило в 2016 году 12,8 % всех источников;

– по данным доклада о состоянии и использовании минерально-сырьевых, водных, лесных ресурсов, состоянии и охране окружающей среды Воронежской области за последние 10...12 лет в Воронежской области вследствие сокращения внесения удобрений в почву наблюдается тенденция к снижению плодородия почв по основным показателям – фосфору и калию. Среди многочисленных загрязнителей в Борисоглебском районе особое место занимают тяжелые металлы. На части площадей пашни их содержание превышает значение ПДК, особенно вблизи промышленных предприятий и автомобильных дорог.

Мониторинг состояния окружающей среды проведен на самой загруженной автомагистрали города Борисоглебск. Вероятностные участки возникновения затруднения движения автотранспорта г. Борисоглебск представлены на карте рис. 1.

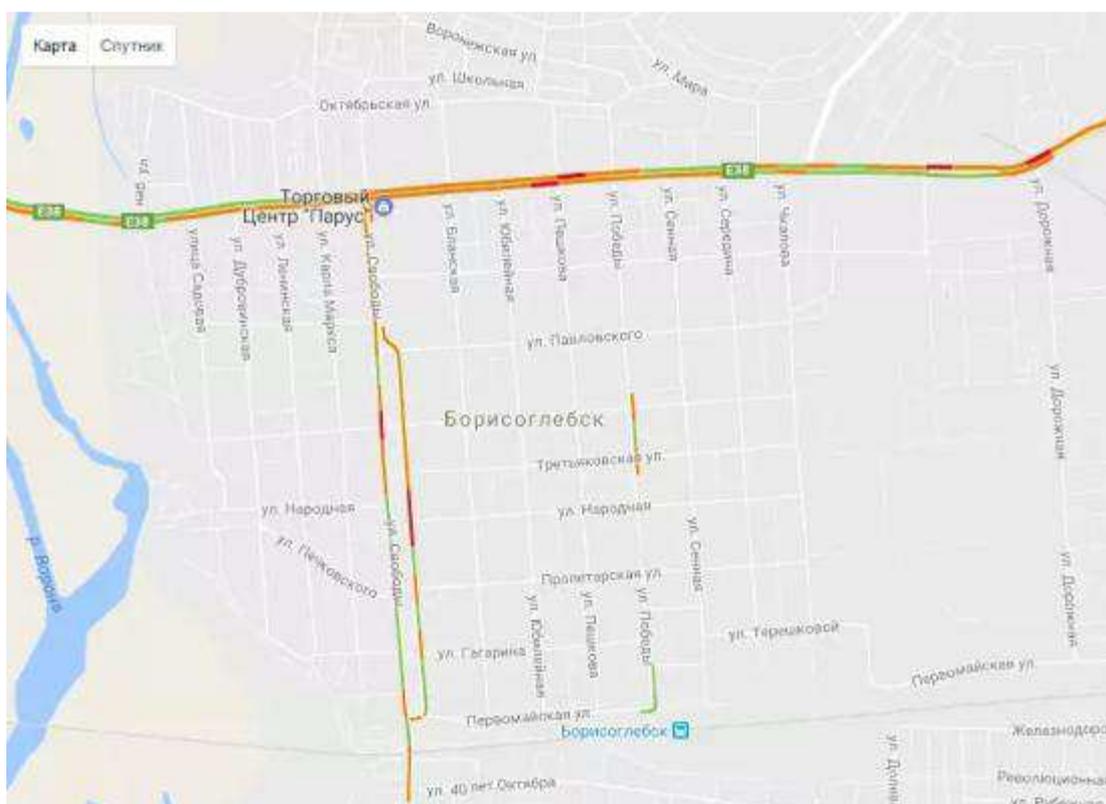


Рис. 1. Карта возникновения затруднения движения автотранспорта в г. Борисоглебск Воронежской области

Последствия от существующей интенсивности движения можно оценить посредством методов, изложенных в работах [3, 4]. Воспользуемся для этой цели алгоритмом расчетов загазованности магистралей. В качестве примера рассмотрим один из самых загруженных дорожных потоков по Матросовской в городе Борисоглебске Воронежской области.

Для определения характеристик выбранного участка улично-дорожной сети проведён учет проходящих автотранспортных средств в обоих направлениях с подразделением их по следующим группам: I – легковые и легковые дизельные автомобили, условно обозначенные как Л и ЛД; II – грузовые карбюраторные грузоподъемностью менее 3 тонн ($GK < 3$) и микроавтобусы (МА); III – грузовые карбюраторные грузоподъемностью более 3 тонн ($GK > 3$); IV – автобусы карбюраторные (АК); V – грузовые дизельные (ГД); VI – автобусы дизельные (АД); VII – грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе (ГГБ).

Выполнен синхронный подсчет проходящих в каждом направлении по данному участку автомагистрали транспортных средств в течение 20 минут каждого часа с занесением результатов в табл. 1. Исходные данные: улица длиной 356 км, две полосы движения, при ширине каждой 5,5 м. Дата обследования – 27 ноября 2016 (день недели – вторник). Интервал исследования – 20 минут. Общее количество проехавших машин – 10 автомобилей (табл. 1).

Данные по транспортным средствам в зоне перекрестка, перемещающимся по ул. Свободы представлены в табл. 2. На основании полученных результатов (табл. 1, 2) определялось количество поступающих в атмосферу вредных веществ, в г/с, по выражению [4]:

$$M_{Li} = \frac{L}{3600} \sum_1^k (M_{k,i}^{II} \cdot G_k \cdot r_k^V), \quad (1)$$

где L – длина автомагистрали или рассматриваемого участка, из которой исключены протяженность очереди автомобилей перед запрещающим сигналом светофора или соответствующей зоны перекрестка, км;

$M_{k,i}^{II}$ – пробеговый выброс i -го вредного вещества автомобилями k -й группы для городских условий эксплуатации, определяемый в г/км по данным приведенным в [4];

k – количество групп автомобилей, шт.;

G_k – количество автомобилей в каждой из k групп, проезжающих через выбранный участок в обоих направлениях по всем полосам движения в единицу времени, 1/час;

r_k^V – поправочный коэффициент на среднюю скорость движения транспортного потока k -й группы на исследуемом участке, который можно определить по приведенным в [4] данным или по зависимости, полученной посредством аппроксимации:

$$r_k^V = 1,9352 - 0,036IV_k + 0,0002V_k^2, \quad (2)$$

где V_k – средняя скорость движения k -ой группы автотранспорта, км/ч.

Выброс i -го загрязняющего вещества в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора определяется, в г/мин, по выражению [4]:

$$M_{Pi} = \frac{P}{40} \sum_{n=1}^{N_{II}} \sum_{k=1}^{N_{ГР}} (M_{Pi,k} \cdot G_{n,k}), \quad (3)$$

где P – продолжительность действия запрещающего сигнала светофора, включая желтый цвет, мин;

N_{II} – количество циклов действия запрещающего сигнала светофора за 20-минутный период времени;

$N_{ГР}$ – количество групп автомобилей;

$M_{Pi,k}$ – удельный выброс i -го загрязняющего вещества автомобилями k -ой группы, находящихся в очереди у запрещающего сигнала светофора, г/мин;

$G_{n,k}$ – количество автомобилей k -ой группы, находящихся в очереди в зоне перекрестка в конце n -го цикла запрещающего сигнала светофора.

Усредненные значения удельных выбросов $M_{Pi,k}$ определяются по сведениям, приведенным в [4] с учетом режимов торможения, холостого хода и разгона автомобилей в зоне пересечения перекрестка. Параметры P , N_{II} , $G_{n,k}$ определялись в ходе натурных обследований.

Для автомагистрали или загруженного участка, имеющих регулируемый перекресток, суммарный выброс загрязняющих веществ M , в г/с, включает следующие составляющие

$$M = \sum_1^n (M_{П1} + M_{П2}) + M_{L1} + M_{L2} + \sum_1^m (M_{П3} + M_{П4}) + M_{L3} + M_{L4}, \quad (4)$$

где $M_{П1}, M_{П2}, M_{П3}, M_{П4}, M_{L1}, M_{L2}, M_{L3}, M_{L4}$ – выбросы в атмосферу автомобилями, находящимися в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора и движущимися по данной автомагистрали в рассматриваемый период времени, г/с;

n, m – число остановок за 20-минутный период времени автотранспортного потока перед перекрестком, соответственно, на одной и другой улицах его образующих;

индексами 1 и 2 обозначены два направления движения на наиболее загруженном участке движения, а 3 и 4 – соответствуют для автомагистрали с меньшей интенсивностью движения.

Таблица 1

Категории и количество автомобилей, проезжающих по обследуемому участку улицы Матросовской при разной интенсивности движения

Загруженность	Направления движения	Число автомобилей по группам								Скорость движения потока, км/час		
		Л	ЛД	ГК<3, МА	ГК>3	АК	ГД	АД	ГГБ	Легковые	Грузовые	Автобусы
Интенсивная	1	8	5	7	5	5	8	5	6	60	35	40
	2	8	5	7	5	5	8	5	6	60	35	40
Сниженная	1	5	3	5	4	3	5	3	4	40	30	30
	2	5	3	5	4	3	5	3	4	40	30	30

Таблица 2

Категории и количество автомобилей, проезжающих в зоне перекрестка с ул. Свобода при разной интенсивности движения

Загруженность	Время работы запрещающего сигнала светофора, мин.	Число автомобилей по группам								Длина очереди автотранспорта, м
		Л	ЛД	ГК<3, МА	ГК>3	АК	ГД	АД	ГГБ	
Интенсивная	2	54	42	35	46	55	44	47	54	6
	1	65	43	36	35	67	54	32	45	5
Сниженная	2	43	35	21	32	43	41	29	36	5
	1	32	25	20	30	32	39	20	26	4

Выхлопные газы автомобилей представляют собой смесь, состоящую из 1000...1200 индивидуальных компонентов, некоторые из которых являются нетоксичными, но особенно важно вести борьбу со следующими токсичными веществами: окиси углерода, углеводороды, оксиды азота, альдегиды, сажа, соединения свинца, бензапирен, формальдегид и другие

вещества. Поэтому расчеты выполнены по восьми компонентам, которые при выделении представляют реальную угрозу для здоровья. Результаты расчета приводятся в табл. 3.

Как видно из рис. 2, максимальное снижение выброса достигается в 1,5 раза для диоксида азота, а минимальное сокращение в 1,03 раза, характерно для сажи. Снижение главного компонента выхлопов двигателей внутреннего сгорания окиси углерода обеспечивается в 1,4 раза. Так как угарный газ является опасным и вызывает отравление различной степени в зависимости от концентрации, то необходимо добиваться его снижения посредством полноты сгорания топлива.

Таблица 3

Расчетные значения поступлений загрязняющих веществ от автотранспорта по ул. Матросовской и в зоне перекрестка (числитель – интенсивная загруженность, знаменатель – транспортные потоки, сниженные на 17...20 %)

Направление автотранспортных потоков	Выбросы вредных веществ от автомобилей, г/ч							
	CO	NO ₂	CH	сажа	SO ₂	формальдегид	соединения свинца	бензапирен
По Матросовской	5,85	0,27	0,03	0,25	2,67	1,25	0,25	0,15
Перекресток при запрещающем сигнале светофора для движения по ул. Матросовской	11,08	0,51	0,06	0,56	3,46	1,67	0,47	<u>0,13</u>
По ул. Свобода в зоне перекрестка	25,85	4,13	0,51	1,06	4,34	2,15	0,45	0,16
Загруженность перекрестка при запрещающем сигнале светофора по ул. Свобода	32,92	2,24	0,25	0,20	2,15	1,17	0,55	<u>0,23</u>
Суммарный выброс загрязняющих веществ	75,7	7,15	0,85	2,07	12,62	6,24	1,72	0,67

Как правило, на загруженных магистралях городов происходит скопление до 60...80 % автотранспорта [1]. Улицы с такой интенсивностью движения составляют 20...30 % от общей протяженности дорог, поэтому наибольший вред здоровью наносится, проживающим в зданиях, примыкающих к придорожным территориям [5-8]. Такое положение является результатом неудовлетворительной организации дорожно-транспортного движения, которая не носит ограничительный характер для выезда большегрузного и иногороднего транспорта на территорию городов, а также не снижает загруженности основных магистралей города. Как показывают расчеты (рис. 1), снижение интенсивности движения только на 17...20 % улучшает экологическую ситуацию, поэтому следует активной вести работу в этом направлении.

Существует много технических и планировочных приемов выравнивания транспортной нагрузки на магистральной сети города. Прежде всего, следует равномерно размещать основные зоны приложения труда и жилые районы, а также места отдыха и центры культурно – бытового обслуживания. Одновременно наиболее загруженные участки транспортной сети необходимо дублировать новыми линиями. Для достижения этого требуется выверенный подход к планировке удобных развязок и окружных транспортных сообщений при последующем развитии Борисоглебского городского округа Воронежской области.

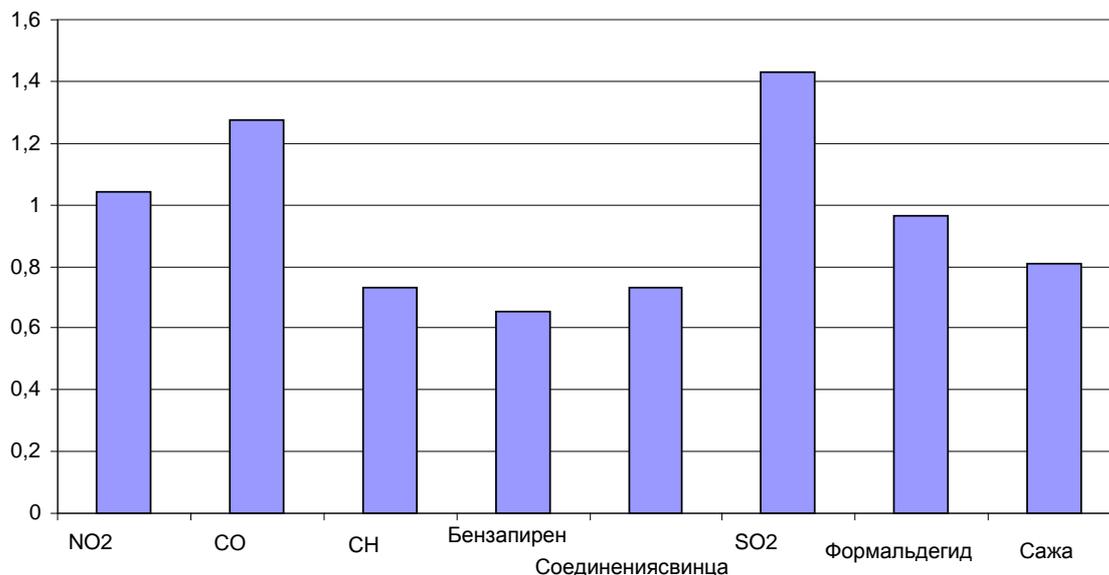


Рис. 2. Сокращение выбросов вредных веществ при снижении транспортных потоков на 17...20 %

Из графика выбросов вредных веществ видно (рис. 2), что при снижении транспортных потоков выбросы формальдегида превышают выбросы SO₂.

Анализируя выше изложенные данные, можно сделать вывод, что показатели экологической обстановки города Борисоглебска не отвечают всем экологическим нормам, однако природоохранные мероприятия, проводимые в Борисоглебском городском округе в 2016 году, улучшили некоторые экологические показатели по сравнению с 2015 годом. Необходимо, в целях обеспечения экологической безопасности ускорить перевод автотранспорта и котельных города на газообразное топливо, ужесточить контроль за выбросами в атмосферу загрязняющих веществ, применять новейшие технологии по утилизации и переработке бытовых и промышленных отходов, проводить строительство очистных сооружений, осуществлять своевременный ремонт водопроводных и канализационных сетей, восстановление и очистку ливневой канализации, увеличивать количество зеленых насаждений в городе.

Накапливая экологическое знание, постепенно меняя свои представления о существующем порядке в природе, человек начинает понимать, что порядок этот неслучаен, он необходим для существования и развития цивилизации, и поэтому следует существенно ограничивать техногенное влияние.

Библиографический список

1. Подольский В.П. Автотранспортные загрязнения придорожных территорий / В.П. Подольский, В.Г. Артюхов, В.С. Турбин, А.Н. Канищев. – Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 1999. – 264 с.
2. Хомич В.А. Экология городской среды. – Омск: Издательство СибАДИ, 2002. – 267с.

3. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. – М.: Министерство транспорта РФ, 1997. – 55 с.
4. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. – М.: Госкомэкологии РФ, 1999. – 9 с.
5. Afanasenko M.Yu., Kitaev D.N., Shchukina T.V., Apoykova E.A. Inquinamentodiagnosi e approccointegrato per proteggerel'ambiente// Italian Science Review, January 2016; 1(34), p. 138-143.
6. Полосин И.И. Прогнозирование предотвращенного экологического ущерба ресурсам внутригородских водоемов при охране атмосферного воздуха / И.И. Полосин, С.А. Яременко, Р.А. Черных, Т.Ю. Данилов // Научный журнал «Инженерные системы и сооружения». – 2011. – №2. – С. 9-16.
7. Щукина Т.В. Влияние транспортных потоков на экологию среды на примере города Воронежа / Т.В. Щукина, О.С. Тамонова, А.П. Зверков, С.Н. Кочеткова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2016. – №1. – С. 38-43.
8. Жерлыкина М.Н. Пути достижение нормативной величины приземной концентрации вредных веществ при аварийном выбросе / М.Н. Жерлыкина, А.И. Скрыпник // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Инженерные системы зданий и сооружений. – 2003. – №1. – С. 156-159.

References

1. Podolsk V.P. Motor transportation pollution of roadside territories / V.P. Podolsk, V.G. Artyukhov, V.S. Turbin, A.N. Kanishchev. – Voronezh: Publishing house of the Voronezh state university, 1999. – 264 p.
2. Homich V.A. Ecology of an urban environment. – Omsk: Publishing house of SIBRI, 2002. – 267 p.
3. A method of calculation of emissions of the polluting substances motor transport on city highways. – M., Ministry of transport of the RF, 1997. – 55 p.
4. A technique of definition of emissions of motor transport for carrying out summary calculations of pollution of the atmosphere of the cities. – M., State comm. of ecology of the RF, 1999. - 9 p.
5. Afanasenko M.Yu., Kitaev D.N., Shchukina T.V., Apoykova E.A. Inquinamentodiagnosi e approccointegrato per proteggerel'ambiente// Italian Science Review, January 2016; 1(34), p. 138-143.
6. Polosin I.I. Prediction of the prevented ecological damage to the resources of the local bodies of water if the atmospheric protection / I.I. Polosin, S.A. Yaremenko, R.A. Chernih, T.Y. Daniilov // Scientific journal «Engineering systems and constructions». – 2011. – №2. – Pp. 9-16.
7. Shchukina T.V. Influence of traffic flows on the ecology of the environment on the example of Voronezh city / T.V. Shchukin, O.S. Tumanova, A.P. Zverkov, S.N. Kochetkova // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Series: High technology. Ecology. – 2016. – No. 1. – P. 38-43.
8. Zherlykina M.N. The way of the achievement of the normative values of the surface concentration of harmful substances in case of emergency emission / M.N. Zherlykina, A.I. Skrypnik // Scientific Herald of the Voronezh state University of architecture and construction. Series: Engineering systems of buildings and structures. – 2003. – No. 1. – P. 156-159.

УДК 692.2(688)

*Воронежский государственный
технический университет
Доцент кафедры проектирования зданий и
сооружений Р.Н. Зорин
Магистр кафедры проектирования зданий и
сооружений
Л.А.А. Нкурунзиза
Россия, г. Воронеж, тел. +7(904) 2-11-38-55
e-mail: kurarthur@yahoo.fr*

*Voronezh State
Technical University
Associate prof. of the designing of buildings and
structures faculty R.N. Zorin
Master of the designing of buildings and struc-
tures faculty
L.A.A. Nkurunziza
Russia, Voronezh, tel. +7 (904) 2-11-38-55
e-mail: kurarthur@yahoo.fr*

Р.Н. Зорин, Л.А.А. Нкурунзиза

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА

В статье рассмотрены особенности конструктивных решений в услови-
ях сухого жаркого климата.

Ключевые слова: Цокольный этаж, Стены, Окна, Полы, Покрытия, Солнцезащитные уст-
ройства.

R.N Zorin, L.A.A Nkurunziza

FEATURES OF CONSTRUCTIVE SOLUTIONS IN CONDITIONS OF DRY HOT CLIMATE

The article discusses the features of constructive solutions in conditions of
dry hot climate.

Keywords: Basement, walls, windows, floors, coatings, sun protection devices.

Жаркий климат неблагоприятно воздействует не только на человека, но и на материалы и конструкции зданий, оборудование, механизмы, имущество. Таким образом, возникают не только проблема защиты человека, но и ряд проблем повышения надёжности, долговечности материалов, конструкции и механизмов, создания необходимых условий их эксплуатации или хранения. В жарких сухих районах целесообразно использовать ограждающие конструкции из материалов, обладающих малой теплопроводностью и высокой теплоустойчивостью. Также используют здания с заглубленными (цокольными) этажами. Для повышения теплоотдачи ограждающих конструкции во внешнюю среду поверхность ограждения увеличивают, делая её волнистой и шероховатой. Для обеспечения соответствующих теплоизоляционных качеств вместо увеличения теплоизоляционного слоя прибегают к устройству защитных экранов, вентилируемых стен и покрытий, водоналивных крыш, солнцезащитных устройств.

Рассмотрим некоторые варианты возможных решений конструктивных элементов зданий для жаркого южного сухого климата.

Цокольный этаж

Для сухого жаркого климата характерны ленточные фундаменты с развитыми подвальными и полуподвальными помещениями, поскольку заглубление зданий способствует защите помещений от перегрева и от сухих жарких ветров, т.к. в заглубленные части здания из грунта поступает некоторое количество влаги и прохлады, что способствует защите помещений от сухости и перегрева.

Ленточный фундамент предполагает устройство цокольного этажа либо подвала. В случае наличия подвала верхние слои грунта, находящиеся внутри фундамента, между его стен, снимаются. И соответственно, если цокольный этаж не планируется – грунт можно не трогать, и таким образом сократить количество земляных работ.

Стены

Остов зданий в сухом жарком климате следует выполнять в виде массивных стен, обладающих хорошими теплозащитными качествами, высокой теплоустойчивостью, т.е. способностью сохранять на внутренней поверхности стен примерно постоянную температуру в течение суток, что обеспечивает смягчение воздействия на внутренний микроклимат помещений резких суточных температурных перепадов наружного воздуха. В жарком сухом климате стены должны надёжно защищать помещения от горячих потоков воздуха, пыли, песка, яркого дневного света и, самое главное, от теплового воздействия солнца. Для наружной поверхности предпочтительны светлые тона, отражающие солнечные лучи. Белый свет обладает высоким коэффициентом отражения: 79% солнечных лучей отражает и только 21% поглощает. Важнейшее мероприятие – применение конструкции стен и покрытий, исключающих перегрев зданий летом. Чем тяжелее стена, тем лучше она аккумулирует тепло и защищает от перегрева днём, и тем лучше ночью сохраняет тепло. Однако это затратно, поэтому часто применяют многослойные стены.

Применяют, например, слоистые конструкции стен и покрытий с продухами, расположенными за теплоотражающими экранами. В продухах обеспечивают движение наружного воздуха, что способствует охлаждению конструкций в условиях летнего перегрева. Вентиляционные полости могут быть устроены в виде щелей или каналов с минимальной шириной 2см, расположенных на расстоянии не более 15.30 см.

Вентилируемые ограждающие конструкции в виде многослойных стен с экранами или стен с воздушными прослойками выполняют методом поэлементной сборки или типа “сэндвич”. Экраны могут быть из ж/б плит или листовых материалов: анодированного алюминия, нержавеющей стали, закалённого цветного стекла, стеклопластиков или цветных асбестоцементных листах.

Для многослойных стен используют эффективные теплоизоляционные материалы. Толщина теплоизоляции наружных ограждающих конструкции для зданий, проектируемых в южных районах с сухим жарким климатом, обычно назначается из условий эксплуатации в зимний период. При среднемесячной температуре наружного воздуха в июле 20 градусов и более в соответствии с требованиями СП а должна быть проведена проверка теплоустойчивости ограждающих конструкции для летних условий. Толщину теплоизоляционного слоя можно увеличивать до 1,5 раз. Это позволяет получить достаточно лёгкую конструкцию стены, обеспечивающую теплозащитные качества и теплоустойчивость стены. Внутренние слои таких стен следует выполнять из более плотных теплоустойчивых материалов, наружные из менее плотных, пористых, с малым теплоусвоением.

Материал, конструкции и толщина ограждающей стены имеют большое значение в южных районах при больших суточных перепадах температур.

Окна

Окна в сухом жарком климате должны быть минимальных размеров, удовлетворяющих требованиям освещенности. Оконные проемы должны устраиваться на менее облучаемых сторонах здания, на затенённых участках.

Основное количество тепловой энергии проникает в здание через световые проемы. Количество теплоты, проникающего в помещение через 1м² светопроёма, в 20 раз больше, чем через несветопрозрачную конструкцию стены. Количество солнечного тепла, поступающего в помещение, будет зависеть от интенсивности солнечной радиации и коэффициента пропускания стекла. Необходимо использовать теплозащитные стёкла: ставит, термолюкс, стеклопрофит и т.д.

Теплопоглощающее стекло и изделия из него благодаря увеличенному содержанию оксида железа имеют высокое сопротивление теплопередаче, поглощают инфракрасные тепловые лучи. Вместе с тем они на 30% снижают тепловой поток, обеспечивая в то же время хорошую видимость и помещения.

Теплоотражающее стекло получают при нанесении на его поверхность покрытий, чаще всего металлических. Такое стекло отражает не только инфракрасную, но и другие части спектра.

Полы

Плиты укладывают на песчаные основания. Очень распространены бетонные (мозаичные) полы. Полы малоэтажных зданий и первых этажей многоэтажных в жарком сухом климате укладывают непосредственно по грунту, чтобы использовать пониженную по сравнению с внешней температуру грунта под зданием для охлаждения помещений.

Покрытия

Покрытия в жарком климате подвергаются сильному тепловому воздействию. Они подвергаются солнечной радиации почти так же, как и все стены здания вместе взятые. Таким образом, конструкции покрытий играют большую роль в создании оптимального микроклимата помещений. В жарком сухом климате наиболее распространённой конструкцией являются плоские (обычно их используют для отдыха и ночного сна), а также купольные и сводчатые, позволяющие резко снизить эффект солнечного облучения и повысить эффект охлаждения при омывании воздухом за счет развитой поверхности покрытия.

Плоская конструкция кровли довольно дорога, т.к. требует высококачественных материалов и квалифицированного, качественного выполнения. Плоская кровля должна иметь уклон для удаления дождевых вод и температурные швы. Ограждение плоского покрытия не должно осложнять конструкции кровли и мешать вентиляции пространства покрытия.

Наиболее удачным решением плоского покрытия является железобетонная монолитная плита толщиной более 10см, по которой уложен гидроизоляционный ковер с армоцементным защитным слое. В качестве противорадиационной защиты могут быть использованы бетонные плиты, укладываемые на угловые утолщения самих плиток или на специально установленные для этих целей бетонные столбики.

Вентилируемая воздушная прослойка между железобетонной плитой и бетонными плитками резко снижает тепловое напряжение и температуру нижней поверхности покрытия. Часто используют вентилируемые двойные крыши, не исключены “тяжёлые” крыши из грунта, орошаемые крыши, крыши-ванны.

В последнее время в тропических странах широкой распространение получили так называемые двойные покрытия, пригодные в жарком сухом и влажных климатах. Верхняя оболочка двойного покрытия затеняет нижнюю и воспринимает радиационную теплоту. Пространст-

во между двумя оболочками, омываемое потоками свободно циркулирующего воздуха, который уносит с собой избыток теплоты, защищает нижнюю оболочку от перегрева.

Солнцезащитные устройства

Солнцезащитные устройства называют постоянными (стационарными), если они являются органической частью здания; если же они предмет оборудования – временными (подвижными). К ним могут быть отнесены жалюзи, маркизы и т.д.

- *Горизонтальные стационарные солнцезащитные устройства* (карнизы, козырьки, экраны) защищают от высокостоящего солнца при южной и близкой к ней ориентации помещений. Правильно запроектированные, они хорошо защищают от дождя и не мешают проветриванию. При необходимости изменять степень затенения горизонтальные солнцезащитные устройства можно применять регулируемые - в виде поворотных щитов или пластинок (жалюзи), выполняемых из дерева, металла, пластмасс и т.д.

- *Вертикальные стационарные солнцезащитные устройства* защищают помещения от лучей низкостоящего солнца с запада и востока. Как правило, их используют для защиты лоджий, галерей, лестничных клеток, кухонь и санитарных узлов. Более удобны в эксплуатации регулируемые вертикальные солнцезащитные устройства.

- *Ячеистые солнцезащитные устройства* соединяют в себе качества солнцезащитных устройств первых двух видов и дают наибольший коэффициент затенения.

Солнцезащитные устройства должны быть запроектированы таким образом, чтобы они меньше аккумулировали и не передавали солнечное тепло в помещения, не препятствовали свободной циркуляции воздуха около стен. Этого можно добиться, проектируя солнцезащитные устройства лёгкими, ажурными, размещая их на некотором расстоянии от стен.

Библиографический список

1. Архитектурные конструкции. Благовещенский Ф.А., Букина Е.Ф. 2011.
2. "Архитектура гражданских и промышленных зданий и сооружений на железнодорожном транспорте. Объемно-планировочные и конструктивные решения [Электронный ресурс] : Учебник / Э.Н. Кодыш, И.Т. Привалов, И.А. Сазыкин, Н.Н. Трекин, В.А. Фисун; Под ред. Э.Н. Кодыша. - М. : УМЦ ЖДТ, 2010." – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785999400277.html>.

References

1. N Architectural constructions. Blagoveschensky F.A, Bukina E.F. 2011
2. K. "Architecture of Civil and Industrial Buildings and Structures in Railway Transport." Volume-planning and constructive solutions [Electronic resource]: Textbook / EN Kodysh, IT Privalov, IA Sazykin, NN Trekin, V A. Fisun, Edited by EN Kodysha - M.: UMC ZHDT, 2010. " – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785999400277.html>.

УДК 528.443:52-87

*Воронежский государственный
архитектурно - строительный университет
Профессор кафедры проектирования зданий и
сооружений Э.Е. Семенова;
Магистрант кафедры проектирования зданий
и сооружений В.В. Елаго;
Магистрант кафедры проектирования зданий
и сооружений Д.В. Ендовицкий
Россия, г. Воронеж, тел. +7(961)-189-10-73,
+7(908)-140-24-58*

*Voronezh State University of Architecture and
Civil Engineering
Professor of the designing of buildings and
constructions faculty E.E. Semenova;
Master of the designing of buildings and
constructions faculty V.V. Elago;
Master of the designing of buildings and
constructions faculty D.V. Endovitsky
Russia, Voronezh, tel. +7(961)-189-10-73,
+7(908)-140-24-58*

Э.Е. Семенова, В.В. Елаго, Д.В. Ендовицкий

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭКОЗДАНИЙ

В статье рассмотрены преимущества строительства экологически чистых зданий с применением солнечных батарей. Разобраны некоторые ключевые факторы, которые напрямую влияют на уменьшение стоимости строительства. Рассмотрены некоторые тезисы, которые помогают понять некоторые аспекты, способные сократить бюджет строительства.

Ключевые слова: солнечная батарея, экоздания, экологичность, зеленое строительство.

E.E. Semenova, V.V. Elago, D.V. Endovitsky

APPLICATION OF SOLAR BATTERIES UNDER CONSTRUCTION OF ENVIRONMENTS

In the article, advantages of construction of ecologically clean buildings with application of solar batteries are considered. Some key factors that directly affect the reduction in the cost of construction are discussed. Some theses are considered, which help to understand some aspects that can reduce the budget of construction.

Keywords: solar battery, eco-building, ecological compatibility, green construction.

Экостроительство как явление, которое связано с такими параметрами как экономичность и экологичность, стало наиболее заметным в последнее время. Основа "зеленого" строительства весьма прозрачна - человечество не может позволить себе неэффективную стройку. На сегодняшний день здания потребляют более 40% энергоресурсов планеты. В последнее время строительство экологически чистых и энергоэффективных зданий дает преимущества же на этапе проектирования и строительства.

На данный момент самым масштабным европейским ежегодным событием является форум по экологическому строительству EcoBuild в Лондоне. Сейчас обсуждаются планы о внесении «российского вопроса» в официальную программу EcoBuild. Основными сферами применения экологических технологий для строительства являются три области возобновляемых источников энергии: солнечная энергия, альтернативная микро-генерация и тепловые насосы.

Одна из серьезных статей бюджета строительства любого объекта - это доставка, транспортировка и хранение строительных и отделочных материалов "Зеленое" строительство не просто учитывает влияние на экологию процесса строительства здания, а также всех аспектов, которые задействованы в реализации проекта, включая производство материалов, транспортировку и многое другое. Невозможно представить новые "зеленые технологии" без упоминания о повторном применении материалов, переработанных вторичных материалов, включая использование строительного мусора прямо на площадке (а не вывоз на свалку), сдача отсортированного мусора на переработку сокращают строительные расходы.

Самым популярным возобновляемым источником энергии является солнечная энергия. Она используется в двух видах – солнечные панели и гибкие фотоэлектрические элементы.

Солнечные панели поглощают энергию солнца для производства горячей воды, которая после нагрева хранится в баках и используется для бытовых целей или обогрева помещений. Панели либо разъединены (в сплит-системах), либо расположены рядом друг с другом на крыше. Сами панели могут быть двух видов - вакуумные трубки или плоские пластины. Первые более эффективны в средней полосе России, пластины выгодны в солнечном климате. Стоят оба вида приблизительно одинаково, но пластины более дороги в ремонте и при замене.

Фотогальванические панели конвертируют солнечную энергию (точнее излучение) в электричество. Постоянный ток низкого напряжения суммируется и инвертируется в переменный ток для бытового потребления. Эффективность фотоэлементов составляет сейчас порядка 30%, а производительность сильно зависит от ряда факторов: времени дня и сезона, освещенности, затенения, угла наклона, ориентации, температуры.

Альтернативная (или микро-генерация) – это производство энергии, подходящей для непосредственного применения в бытовых условиях. Двойная генерация - это производство в одном процессе тепла и электричества. Тригенерация - это еще и получение холода из излишков тепла этого процесса. Помимо традиционного природного газа для альтернативной генерации может использоваться газ биометан, полученный при переработке органического сырья или отходов. Дополнительно, источником возобновляемой энергии может служить биомасса - древесина, отходы, водород, спирт.

Европейский Союз поставил себе цель к 2020 году довести долю энергии из альтернативных возобновляемых источников до 20%. Однако, развитие альтернативной энергетики и достижение таких целей невозможно без поддержки государства. В настоящее время в более чем 50 странах применяется политика Feed-in-Tariff (FIT). Она заключается в гарантированной покупке государством электричества, произведенного из альтернативных источников, в том числе от частных производителей, по тарифам, стимулирующим применение возобновляемых технологий.

Таким образом, "зеленые" стандарты устанавливают требования экологически устойчивого бизнеса. Они способствуют созданию "зеленых" технологий, товаров и услуг для жизнеспособного бизнеса и независимо от его содержания, расположения, типа и размера. "Зеленый" бизнес не оказывает отрицательного влияния на глобальную или локальную окружающую среду, местное сообщество, общество и экономику в целом. Целый ряд негосударственных организаций создали собственные стандарты, норм, кодексы и рейтинговые системы, которые позволяют правительственным регуляторам, игрокам строительного рынка и потребителям использовать принципы экологического строительства. В более чем 30 странах разработаны национальные зеленые стандарты, некоторые из этих систем сертификации стали международными. Экостроительство может вызвать не удорожание здания, а дать серьезную экономию нескольких важных аспектах.

Библиографический список

1. Alternative Energy Systems in Building Design. Gevorkian Peter. The McGraw-Hill Companies, Inc. 2009.
2. Be a successful Green Builder. Woodson R. Dodge. The McGraw-Hill Companies, Inc. 2009.
3. Green Building. Guidebook for Sustainable Architecture. Bauer Michael, Mösle Peter, Schwarz Michael. Springer. 2009.
4. The Green House: New Directions. Alanna Stang. 2010.
5. Бобылев С. Н., Гирусов Э. В., Перелет Р. А. Экономика устойчивого развития. Учебное пособие. Изд-во Ступени, Москва, 2004.
6. Габриель И., Ладенер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома. — С.: БХВ-Петербург, 2011.
7. Энергоэффективные здания. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В., Москва: АВОК-ПРЕСС, 2003. 100 с.

References

1. Alternative Energy Systems in Building Design. Gevorkian Peter. The McGraw-Hill Companies, Inc. 2009.
2. Be a successful Green Builder. Woodson R. Dodge. The McGraw-Hill Companies, Inc. 2009.
3. Green Building. Guidebook for Sustainable Architecture. Bauer Michael, Mösle Peter, Schwarz Michael. Springer. 2009.
4. The Green House: New Directions. Alanna Stang. 2010.
5. Bobylev S. N., Girusov E. V., Perelet R. A. Ekonomika ustoichivogo razvitiya. Uchebnoe posobie. Izd-vo Stupeni, Moskva, 2004.
6. Gabriel' I., Ladener Kh. Rekonstruktsiya zdaniy po standartam energoeffektivnogo doma. — S.: BKhV-Peterburg, 2011.
7. Energoeffektivnye zdaniya. Tabunshchikov Yu.A., Brodach M.M., Shilkin N.V., Moskva: AVOK-PRESS, 2003. 100.

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

УДК 621.879.31

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, проф. кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
Ю.М. Бузин;
Магистрант Е.В. Кулешов
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 277-01-29*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Tech. Science, Prof. of the building
technics and engineering mechanics
Y.M. Buzin;
Magister E.V. Kuleshov
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-77-01-29*

Ю.М. Бузин, Е.В. Кулешов

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ ПАРАМЕТРАМИ КОПАНИЯ ОБРАТНОЙ ЛОПАТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ЭКСКАВАТОРА

На основе анализа существующих конструкций и исследования их кинематики рассмотрены направления расширения технологических возможностей рабочего оборудования обратная лопата гидравлического строительного экскаватора без использования сменных рукоятей различной длины с помощью управляемой шарнирно-рычажной стрелы.

Ключевые слова: одноковшовый строительный гидравлический экскаватор, рабочее оборудование, шарнирно-сочлененная стрела, сменная рукоять, быстросъемное устройство, кинематика рабочего оборудования, технологические возможности рабочего оборудования, коэффициент использования машины по времени, эксплуатационная производительность экскаватора.

Y.M. Buzin, E.V.Kuleshov

RESEARCH OF CONTROLLABILITY BY PARAMETERS OF THE DIGGING OF BACKHOE HYDRAULIC CONSTRUCTION EXCAVATOR

On the based analysis of available designs and research of their kinematics the directions of expansion of technological possibilities of the working equipment of backhoe hydraulic excavator construction without the use of changeable handle of different lengths using the managed lever of the boom were considered.

Keywords: backhoe hydraulic construction excavator, operating equipment, articulated boom, changeable handle, quick-detachable device, kinematics of operating equipment, technological possibilities of working equipment, coefficient of using by time, operational efficiency of the excavator.

Строительные одноковшовые экскаваторы являются универсальными землеройными машинами, которые комплектуются различными видами сменного рабочего оборудования и сменными рабочими органами с целью расширения их технологических возможностей [1]. Особенно это относится к гидравлическому экскаватору, представляющие собой, из-за жесткой подвески рабочего оборудования, строительный манипулятор.

Эффективность работы одноковшового строительного гидравлического экскаватора определяется, в первую очередь, эффективностью использования его сменного рабочего оборудования.

Так сменное рабочее оборудование обратная лопата строительного гидравлического экскаватора с постоянной стрелой комплектуется набором сменных рукоятей различной длины (основная, удлиненная и укороченная) и набором сменных рабочих органов – ковшей различной конфигурации (основной – копающий, эжекторный – для разработки узких траншей в липких грунтах, профильный – для прокладки мелких каналов) и различной вместимости (основной, увеличенной, уменьшенной) под соответствующие рукояти, а также зубрыхлитель для разработки прочных грунтов (свыше IV категории).

При изменении технологических условий работы экскаватора с обратной лопатой (максимальной глубины копания H_k , максимального радиуса копания на уровне стояния машины R_{kc}) необходимость замены рукояти и рабочего органа требует их наличия и дополнительного времени на ремонт. Это вызывает простой экскаватора, то есть уменьшение коэффициента использования его по времени K_b , а следовательно и эксплуатационной производительности.

Серийно выпускаемые отечественные гидравлические строительные экскаваторы с оборудованием обратная лопата имеют следующие параметры сменных рукоятей длиной L_p , ковшей вместимостью q и параметры копания H_k , R_{kc} при постоянной длине стрелы L_c : экскаваторы 4-ой размерной группы ЭО-41211 (гусеничный, массой 20,5т, табл.1) и ЭО-43211(пневмоколесный, массой 19,5т, табл.2) с длиной стрелы $L_c=5,65$ м и мощностью силовой установки 110кВт; экскаватор ЕК 270-03 (гусеничный, массой 28т, длина стрелы $L_c=6$ м, мощность силовой установки 132кВт, табл.3); экскаватор ЕК 400-03 (гусеничный, массой 42т, длина стрелы $L_c=7$ м, мощность силовой установки 220кВт, табл.4).

Таблица 1
Экскаватор ЭО-41211

Рукоять	$L_p, м$	$q, м^3$	$H_k, м$	$R_{kc}, м$
Основная	2,25	1,05	6,07	9,125
Удлиненная	2,55	0,85	6,37	9,42

Таблица 2
Экскаватор ЭО-43211 (20К)

Рукоять	$L_p, м$	$q, м^3$	$H_k, м$	$R_{kc}, м$
Короткая	1,95	1,3	5,4	8,8
Основная	2,25	1,05	5,7	9,1
Удлиненная	2,8	0,75	6,2	9,6

Таблица 3
Экскаватор ЕК 270-03

Рукоять	$L_p, м$	$q, м^3$	$H_k, м$	$R_{kc}, м$
Основная	2,4	1,2	6,3	10,0
Удлиненная	3,2	1,0	7,0	10,7
	4,2	0,6	7,7	11,1

Таблица 4
Экскаватор ЕК 400-03

Рукоять	$L_p, м$	$q, м^3$	$H_k, м$	$R_{kc}, м$
Основная	2,9	1,9	7,3	11,4
Удлиненная	3,4	1,5	7,8	11,87

Анализ кинематики рабочего оборудования обратная лопата гидравлического экскаватора [1] показал, что варьировать параметрами копания H_k и R_{kc} можно путем введения в его конструкцию дополнительных степеней подвижности – телескопическая стрела и рукоять, шарнирно-сочлененная стрела. Если телескопическая конструкция предполагает наличие по-ступательно движущейся кинематической пары, то шарнирно-сочлененная конструкция – вращательной. Второй вариант более предпочтителен по ряду особенностей.

Анализ кинематики обратной лопаты с шарнирно-сочлененной стрелой (рис.1) показал, что управляя углом складывания α_c секции стрелы можно изменять параметры копания H_k и R_{kc} не используя сменные рукояти различной длины.

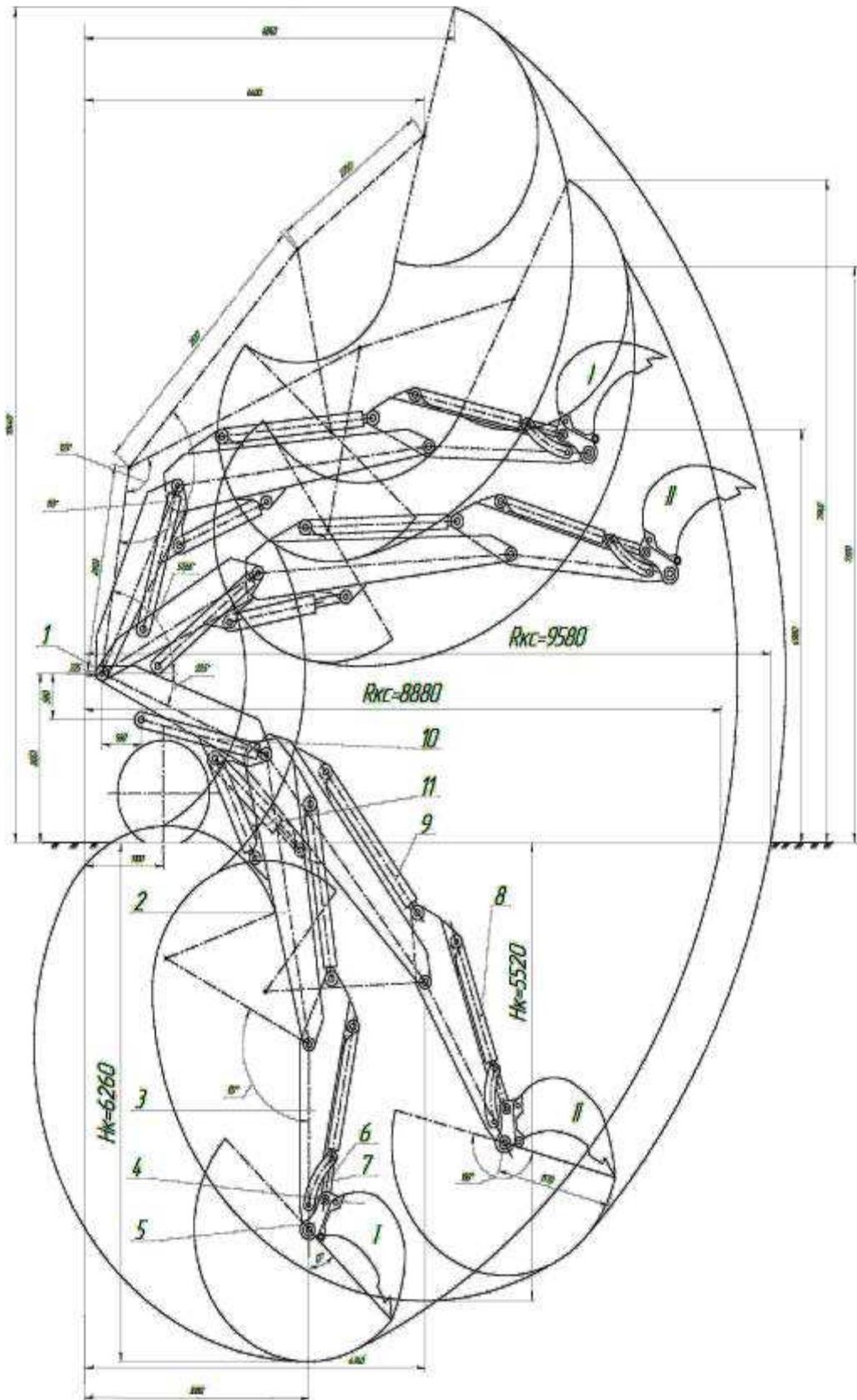


Рис. 1. Кинематическая схема рабочего оборудования обратная лопата с управляемой шарнирно-сочлененной стрелой к экскаватору ЭО-43211(20К) для двух крайних положений: I-при $S_{шс} = 0$, II- $S_{шс} = 300\text{мм}$

Рабочее оборудование обратная лопата с управляемой шарнирно-рычажной стрелой (см. рис.1) включает в себя: 1 и 2 - нижнюю и верхнюю секции стрелы; 3 - рукоять; 4 - ковш; 5 - быстросъемное устройство крепления ковша; 6 - шатун; 7 - коромысло; 8 - гидроцилиндр поворота ковша; 9 - гидроцилиндр поворота рукояти; 10 – гидроцилиндр поворота стрелы; 11- гидроцилиндр управления углом складывания секций стрелы.

Управляя углом α_c складывания секций стрелы гидроцилиндром 11 с ходом штока $S_{шс}$, регулируем длину стрелы L_c и параметры копания экскаватора H_k и R_{kc} .

Изменение длины стрелы и ее конфигурации (угла складывания секций) расширяет технологические возможности рабочего оборудования, так как оно позволяет производить разработку забоя с одной стоянки экскаватора, ограниченной максимальным и минимальным радиусами копания R_{kc} , а так же варьировать его максимальную глубину копания H_k без использования сменных рукоятей различной длины. Смена ковшей нужной вместимости производится оперативно с помощью быстросъемного устройства крепления рабочего органа.

Разрабатывая грунт единым рабочим оборудованием без перемонтажа рукояти, представляется возможным повысить эксплуатационную производительность экскаватора.

Применительно к экскаватору ЭО – 43211 (20К) рабочее оборудование обратная лопата с управляемой шарнирно-сочлененной стрелой (длина нижней секции 2,5м, верхней 3,54м, рукояти 2,25м) имеет следующие параметры (табл.5).

Таблица 5

Параметры обратной лопаты с управляемой шарнирно-сочлененной стрелой к экскаватору ЭО – 43211 (20К)

$S_{шс}$, мм	α_c , град	L_c , м	H_k , м	R_{kc} , м	q , м ³
0	123	5,29	6,26	8,88	1,3
100	130	5,45	6,12	9,18	1,085
150	137	5,59	5,83	9,35	1,05
200	146	5,78	5,61	9,485	1,0
300	153	5,83	5,52	9,58	0,75

Таким образом, при ходе штока гидроцилиндра управления углом складывания в диапазоне $S_{шс}=0...300$ мм: угол складывания секций стрелы изменится в пределах $\alpha_c=123...153^\circ$; длина стрелы $L_c=5,29...5,83$ м; максимальная глубина копания $H_k=6,26...5,52$ м; максимальный радиус копания на уровне стояния машины $R_{kc}=8,88...9,58$ м.

То есть параметры рабочего оборудования обратная лопата с шарнирно-сочлененной стрелой экскаватора ЭО-43211 (табл.5) несколько лучше, чем с моноблочной стрелой длиной $L_c=5,65$ м и сменными рукоятями (табл.2).

Шарнирно-сочлененная стрела дает машинисту возможность в процессе разработки грунта управлять параметрами копания H_k и R_{kc} в соответствии с технологией проведения работ без применения сменных рукоятей.

Управляющим воздействием на параметры копания является перемещение штока $S_{шс}$ гидроцилиндра управления углом складывания секций стрелы α_c . Графики функциональных зависимостей α_c , L_c , H_k , $R_{kc}=f(S_{шс})$ обратной лопаты с управляемой шарнирно-сочлененной стрелой к экскаватору ЭО – 43211 (20К) представлены на рис. 2.

При $S_{шс} =150$ мм происходят сопряжения левых и правых половинок этих графиков, имеющих противоположную кривизну.

При $S_{шс} =0$ мм: $R_{kc} =8,8$ м и $q=1,3$ м³ нового рабочего оборудования соответствуют серийной обратной лопате с $L_p =1,95$ м, но у нового $H_k =6,26$ м, что на 0,86м больше, чем у серийного.

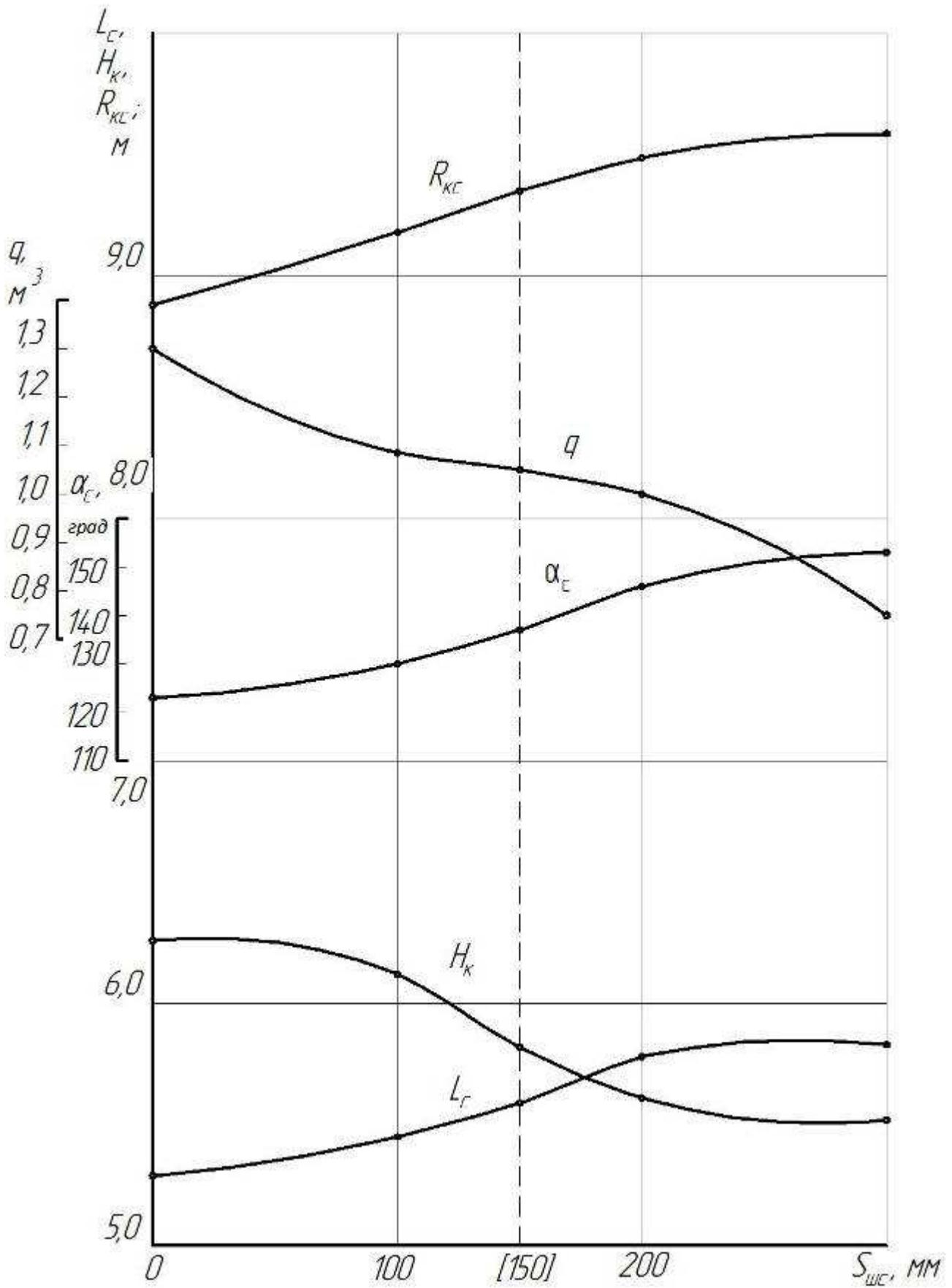


Рис. 2. Графики функций α_c , L_c , H_k , $R_{кк}=f(S_{шс})$ обратной лопаты с управляемой шарнирно-сочлененной стрелой к экскаватору ЭО – 43211(20К)

При $S_{шс} = 150\text{мм}$: $R_{кс}$, H_k и q нового рабочего оборудования и серийного с основной рукоятью длиной $L_p = 2,25\text{м}$ примерно одинаковые.

При $S_{шс} = 300\text{мм}$: $R_{кс} = 9,6\text{м}$, $q = 0,75\text{м}^3$ нового оборудования и серийного с длиной рукояти $L_p = 2,8\text{м}$ одинаковые, но у нового оборудования $H_k = 5,52\text{м}$, что на $0,68\text{м}$ меньше, чем у серийного.

Таким образом, рабочее оборудование обратная лопата с управляемой шарнирно-сочлененной стрелой к экскаватору ЭО – 43211(20К) позволяет отказаться от сменных рукоятей, а именно:

при $S_{шс} = 0\text{мм}$ параметры копания аналогичны параметрам серийной обратной лопаты с короткой рукоятью $L_p = 1,95\text{м}$;

при $S_{шс} = 150\text{мм}$ – с основной рукоятью $L_p = 2,25\text{м}$ и при $S_{шс} = 300\text{мм}$ – с длинной рукоятью $L_p = 2,8\text{м}$.

Установка сменных ковшей с $q = 1,3$, $1,05$ и $0,75\text{м}^3$ осуществляется оперативно с помощью быстросъемного устройства без их демонтажа как у серийного оборудования.

Библиографический список

1. Бузин Ю.М. Универсализация рабочего оборудования одноковшового строительного гидравлического экскаватора/ Ю.М. Бузин, А.О. Перлифонов, Е.В. Коростелин// Научный вестник ВГАСУ. Серия «Высшие технологии. Экология». Воронеж, 2014.-С.154-157.

References

1. Buzin Y.M. Universalization of operating equipment of building hydraulic shovel/Y.M. Buzin, A.O. Perlifonov, Ye.V. Korostelin// Scientific newsletter of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. «High technologies. Ecology». Voronezh, 2014.-P.154-157.

*Воронежский государственный технический университет
Студент кафедры строительной техники и инженерной механики Галактионов А.И.
Научный руководитель
Профессор
Геращенко В.Н.
Россия, г.Воронеж тел. 8 961 617 91 00*

*Voronezh State Technical University
Student of the Department of Structural technics and engineering mechanics
A.I. Galaktionov
Scientific supervisor
Professor
V.N. Gerashchenko
Russia, Voronezh, tel. 8 961 617 91 00*

В.Н. Геращенко, А.И. Галактионов

ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ МЕХАНИЗМА НАТЯЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ ЛЕНТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА 5-ОЙ РАЗМЕРНОЙ ГРУППЫ

В статье представлены результаты научно-исследовательской работы, целью которой является повышение надежности оборудования, повышение производительности, ускорение и улучшение удобства замены комплекта изношенной тарельчатой пружины на новую.

Ключевые слова: одноковшовый гидравлический экскаватор, ходовое оборудование, привод, механизм натяжения, гусеничная лента, тарельчатая пружина.

V.N. Gerashchenko, A.I. Galaktionov

PROJECT MODERNIZATION OF THE MECHANISM OF TIGHTENING OF THE TRACK TAPE OF THE 5-TH GROUP HYDRAULIC EXCAVATOR

The article presents the results of research work aimed at improving the reliability of equipment, increasing productivity, accelerating and improving the convenience of replacing a worn-out disc spring set with a new one.

Keywords: single bucket hydraulic excavator, running equipment, drive unit, tensioning mechanism, caterpillar belt, belleville spring.

Большой объём работ в строительстве, связанный с разработкой грунта, а именно: поотрывке котлованов, траншей, отсыпке насыпей, возведению плотин, дорожного полотна требует эксплуатации машин для земляных работ, в том числе, и одноковшовых экскаваторов. От эффективности работы экскаватора, его основных узлов, в том числе и ходового оборудования, зависит эффективность выполнения земляных работ и всего строительного производства[1].

Изначально, натяжение гусеничных лент, как это было применено на одноковшовом экскаваторе ЭО-5121, осуществлялось при помощи натяжного болта. В следующей конструкции, использовавшейся на экскаваторе ЭО-5122, болт был заменён на гидроцилиндр, и натяжение происходило при помощи нагнетания в него масла. Конструкция экскаватора ЭО-5123 дополнительно содержала цилиндрическую пружину механизма сдвигания. При наезде гусеницы на неровность или развороте пружина сжимается, и гусеница разгружается от внезапно возникших нагрузок. При исчезновении нагрузок под действием пружины натяжное колесо перемещается в исходное положение, создавая первоначальное натяжение гусеничной ленты. Недостатком данной конструкции являлись её габаритные размеры, что устранили в следующей модификации ЭО-5124, поместив гидроцилиндр во внутреннюю полость цилиндрической пружины.

Следующим этапом развития стало применение в качестве амортизационного устройства тарельчатых пружин, что подтверждает авторское свидетельство № 1736817[2]. Принцип работы данного механизма аналогичен принципу работы механизма экскаватора ЭО-5124.

На основе проведённого анализа существующих конструкций, был предложен механизм натяжения гусеничной цепи, который представлен на рисунке 1.

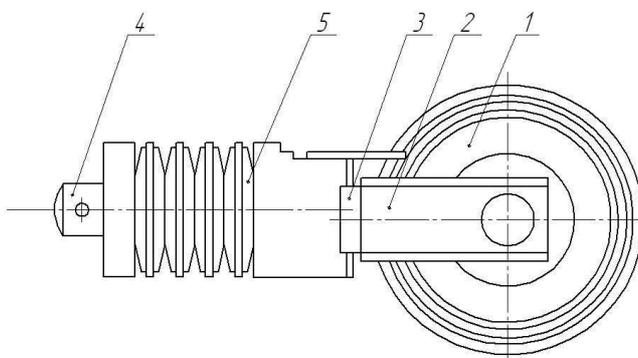


Рис. 1. – Схема механизма натяжения

Представленный механизм содержит направляющее колесо 1, закрепленное на планке 2, переходник 3, служащий для соединения колеса с механизмом натяжения. Гидроцилиндр 4 необходим для осуществления натяжения гусеничной цепи. Тарельчатая пружина 5 служит амортизационным устройством при наезде направляющего колеса на препятствие. Следует отметить, что тарелки для комплекта тарельчатой пружины, подбираются по ГОСТу 3057-84, которые штампуются из листовой стали в форме оболочки, имеющие вид усечённого конуса. Такое оборудование позволяет более эффективно использовать гидравлический экскаватор при разработке грунта.

Выводы

Преимущество данного механизма заключается в том, что замена цилиндрической пружины на тарельчатую приводит к уменьшению габаритных размеров и улучшению ремонтоспособности. Так же с целью повышения эффективности использования экскаватора возможно применение полуавтоматической системы натяжения гусеничной ленты с использованием системы клапанов, что способствует повышению коэффициента использования машины по времени, а, следовательно, повышению эксплуатационной производительности экскаватора.

Библиографический список

1. В.Н. Геращенко, И.А. Попов «О некоторых проблемах экскаваторостроения в современных условиях в России» Высокие технологии. Экология. 15-ая межрегиональная научно-практическая конференция, ВГАСУ, Воронеж – 2012, 3 стр.
2. Карпачев Н. Ф., Патент на изобретение № 1736817.

References

1. V.N. Gerashchenko, I. A. Popov, "On some problems of excavator construction in modern conditions in Russia" High-tech. Ecology. 15th interregional scientific-practical conference, VSUACE, Voronezh – 2012, 3 p.
2. N.F. Karpachev, the Patent for invention № 1736817.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, проф. В.Н. Геращенко
Магистрант В.Н. Землянский
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-53-62*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Techn. Science, V.N. Gerashchenko
Magistrant V.N. Zemlyansky
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-71-53-62*

В.Н. Геращенко, В.Н. Землянский

КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ХОДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА 5-ОЙ РАЗМЕРНОЙ ГРУППЫ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ

Производство техники, связанной с разработкой грунта, в настоящее время развивается достаточно успешно. Современное экскаваторостроение, как продолжение отечественного машиностроения, развивается с целью улучшения моделей и повышения их производительности.

Ключевые слова: одноковшовый гидравлический экскаватор, механизм привода хода, механизм натяжения гусеничной ленты, катки опорные и поддерживающие.

V.N. Gerashchenko, V.N. Zemlyansky

CONSTRUCTION OF ELEMENTS OF RUNNING EQUIPMENT OF HYDRAULIC EXCAVATOR OF THE 5-TH DIMENSION GROUP AND ITS FEATURES

The production of equipment related to soil development is currently developing quite successfully. Modern excavator construction, as a continuation of domestic engineering, is developing in order to improve models and increase their productivity.

Key words: single-bucket hydraulic excavator, drive mechanism, crawler tensioning mechanism, support rollers and supporting rollers.

Одноковшовым универсальным экскаватором называется машина циклического действия, предназначенная для выемки и перемещения грунтов и иных материалов с помощью одного из видов рабочего оборудования с одним ковшом, и для выполнения погрузочных, сваебойных и прочих работ другими видами сменного рабочего оборудования.

Экскаваторы состоят из следующих основных узлов: ходового устройства, поворотной платформы с силовым оборудованием и основными кинематическими звеньями и рабочего оборудования.

Следует отметить общие требования ходового оборудования экскаваторов:

- достаточная скорость передвижения на заданных участках;
- способность преодолевать подъемы и уклоны;
- высокая маневренность;
- высокая проходимость и хорошая устойчивость при работе;
- минимальное количество быстроизнашивающихся деталей, обеспечивающих достаточную долговечность.

Особо следует отметить тяжелейшие условия работы ходового оборудования. Надежности узлов ходового оборудования в процессе эксплуатации может способствовать следующее: [1]

- трение в узлах должно быть минимальным;

- обеспечение эффективной защиты от проникновения пыли, грязи, грунта в места посадок ходового оборудования и катков;
- эффективный отвод тепла, возникающего в результате трения соприкасающихся уплотняемых поверхностей, должен осуществляться посредством смазочных средств;
- процесс коррозии при простое оборудования должен быть исключен;
- внедрение унифицированных составных частей для привода хода экскаватора.

Таким образом, можно констатировать, что перспективными конструкциями привода хода экскаватора являются приводы, осуществляемые с помощью планетарных модулей, унифицированных с механизмом привода поворота платформы. Достоверность данного суждения подтверждается проведенными исследованиями и анализом существующих конструкций привода хода экскаваторов, выпускаемых в мире. [2]

При интенсивной работе экскаватора нагрузка на узлы и агрегаты значительно возрастает. К числу наиболее частых неисправностей ходового оборудования можно отнести следующие:

- повреждение траков и пальцев в результате износа деталей;
- поломка зубьев ведущего колеса;
- утечки эксплуатационных жидкостей через подвижные соединения;
- ослабление гусеничной цепи;
- выход из строя опорных и поддерживающих катков.

Этому способствуют неправильно сконструированные детали, некачественное изготовление и плохо подобранные материалы.

Целесообразно применять в ходовом оборудовании гусеничные ленты тракторного типа, что увеличивает срок службы и надежность. Вышеприведенные особенности конструирования ходового оборудования позволяют устранить недостатки, характерные для традиционных ходовых устройств.

Механизмы натяжения гусеничных лент должны быть компактными с применением в качестве демпфирующих элементов гостированных тарельчатых пружин. Что касается конструкции опорных и поддерживающих катков, то особое внимание надо уделить их смазке и выполнению требований, предъявляемых к материалам, из которых изготавливаются контактные кольца уплотнения.

Из года в год ведущие специалисты известных фирм экскаваторостроения разрабатывают новые и усовершенствуют старые узлы, чтобы они были более компактными и долговечными, но из-за тяжелых условий работы детали все же выходят из строя. Для того чтобы заранее выявлять технически неисправные механизмы стали применять электронные датчики, которые в свою очередь выявляют поломки или предотвращают их появление.

Одновременно продолжают работы по улучшению устройств и автоматизации всех процессов для удобства и безопасности пользования экскаватором.

Проблемы, которые имеют место в экскаваторостроении в современных условиях могут быть решены в централизованном порядке, при активном действии субъектов федерации.

Библиографический список

1. Герашенко В.Н. О некоторых проблемах экскаваторостроения и путях их решения. // Строительные и дорожные машины. 1993. №10. С. 6-8
2. Башкиров В.А., Герашенко В.Н. О некоторых особенностях конструирования гусеничного ходового оборудования гидравлических экскаваторов в современных условиях.

Reference

1. Gerashenko V.N. Some problems ekskavatorostroeniya and solutions. // Constructions and Road Machines. In 1993. №10. С. 6-8.
2. Bashkirov V.A., Gerashenko V.N. Some features of constructions equipment crawler hydraulic excavators in the modern world.

*Воронежский государственный технический университет
Студент кафедры строительной техники и инженерной механики Мацнев В.В.
Научный руководитель
Профессор
Геращенко В.Н.
Россия, г.Воронеж тел. 8 951 879 63 83*

*Voronezh State Technical University
Student of the Department of Structural technics and engineering mechanics
V.V. Matsnev
Scientific supervisor
Professor
V.N. Gerashchenko.
Russia, Voronezh, tel. 8 951 879 63 83*

В.Н. Геращенко, В.В. Мацнев

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА 5-ОЙ РАЗМЕРНОЙ ГРУППЫ

В работе представлено исследование рабочего оборудования, цель которого повышение надежности оборудования, производительности, ускорение и повышение удобства замены одной лопаты на другую без ухудшения кинематических параметров рабочего оборудования.

Ключевые слова: одноковшовый гидравлический экскаватор, рабочее оборудование, прямая и обратная лопата, рукоять, система тяг, поворотные кронштейны, проушина, шарниры.

V.N. Gerashchenko, V.V. Matsnev

RESEARCH OF WORKING EQUIPMENT OF HYDRAULIC EXCAVATOR OF THE 5-TH SIZE GROUP

The paper presents the research work, the purpose of which to improve equipment reliability, productivity, accelerate and improve the convenience of replacing one shovel with another without degrading the kinematic parameters of the working equipment.

Keywords: single bucket hydraulic excavator, working equipment, forward and backward shovel, handle, traction system, swivel arms, eyelet, hinges.

В строительном производстве выполняется большой объем земляных работ. Многие из них выполняются одноковшовыми гусеничными экскаваторами, такие как: отрывка котлованов под фундаменты, траншеи под трубопроводы, вскрышные работы, добыча полезных ископаемых и другие. От эффективности работы экскаватора, его основных узлов, в том числе и рабочего оборудования, зависит эффективность выполнения земляных работ и всего строительного производства[1].

Привод рабочего оборудования осуществляется либо канатно-блочной системой или с помощью гидравлических систем. Достоинством первого типа привода является возможность его использования для работы при низких температурах. Гидравлический привод в этом случае более дорогой, так как требует использования более сложного дорогого оборудования и специальной рабочей жидкости. Тем не менее, последний привод более востребован в экскаваторостроении. В доперестроечный период производимые в нашей стране

гидравлические экскаваторы, как универсальные землеройные машины по определению, выпускались с несколькими видами рабочего оборудования.

Обязательным являлись прямая и обратная лопата. В настоящее время заводы производители выпускают экскаваторы с одним видом рабочего оборудования, что при выполнении различных работ требует использования экскаватора с другим видом рабочего оборудования. Для организаций, использующих гидравлические экскаваторы при выполнении различных видов земляных работ, желательно наличие такой машины, которая способна работать в режиме прямой и обратной лопаты. С этой целью в своей работе мы используем гидравлический экскаватор с рабочим оборудованием по патенту на изобретение 2149951[2].

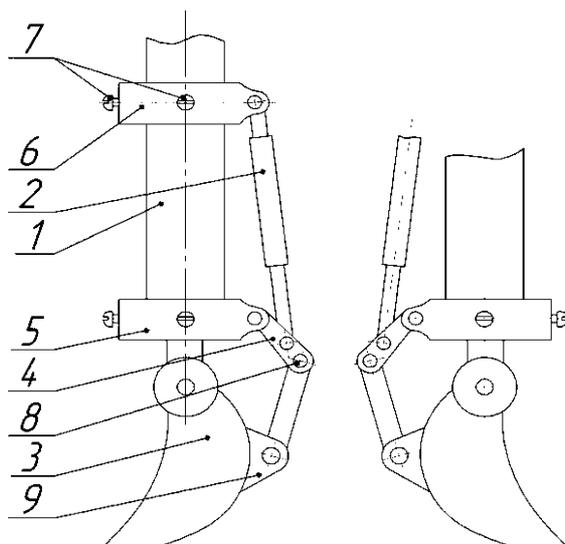


Рис. Схема поворотного рабочего оборудования

Рабочее оборудование оказывает большое влияние на эффективность одноковшовых гусеничных гидравлических экскаваторов. Используемое нами рабочее оборудование [2] позволяет в процессе работы заменить рабочее оборудование с прямой лопаты на обратную и обратно. Это рабочее оборудование содержит рукоять 1, на которую устанавливаются кронштейны 2 и 3 с элементами стопорения 4. Цилиндр 5 управления ковшом одним своим концом непосредственно крепится к кронштейну 2, а другим – к системе тяг 6, которые соединены с кронштейном 3, проушиной 7 при помощи шарниров 8 с поворотным ковшом 9. На рис. 1 представлена схема поворотного рабочего оборудования. Такое оборудование позволяет более эффективно использовать гидравлический экскаватор при разработке грунта

Выводы

С целью повышения эффективности использования гидравлического экскаватора целесообразно, используя выше предложенное рабочее оборудование, уменьшать его вес за счет использования высокопрочных легированных сталей, использовать новейшие технологии, позволяющие увеличить надежность и коррозионную стойкость, а также обеспечить эффективную защиту от проникновения пыли и грязи в места посадок.

Библиографический список

1. В.Н. Геращенко, И.А. Попов «О некоторых проблемах экскаваторостроения в современных условиях в России» Высокие технологии. Экология. 15-ая межрегиональная научно-практическая конференция, ВГАСУ, Воронеж – 2012, 3 стр.

2. В.Н. Геращенко, А.Г. Резник «Рабочее оборудование одноковшового экскаватора» Патент на изобретение 2149951.

References

1. V.N. Gerashchenko, I. A. Popov, «On some problems of ekskavatornaya in modern conditions in Russia» High-tech. Ecology. 15th interregional scientific-practical conference, VSUACE, Voronezh – 2012, 3 p.

2. V.N. Gerashchenko, A. G. Resnick «Working equipment shovel excavator», the Patent for invention 2149951.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики имени
профессора Н.А. Ульянова Р.А. Жилин
Канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной
математики и механики Ю.Б. Рукин
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-71-59-18
e-mail: rzhilin@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State Technical University
D.Sc.(Engineerin), the senior lecturer of chair
of building technics and the engineering me-
chanics of a name of professor N.A.Ulyanov
R.A.Zhilin
D.Sc.(Engineerin), the department of applied
mathematics and mechanics Y.B. Rukin
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-71-59-18
e-mail: rzhilin@vgasu.vrn.ru*

Р.А. Жилин, Ю.Б. Рукин

ДЕМОНТАЖ СТУПИЦЫ МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛО НАГРУЖЕННЫХ МАШИН

Исследуется соединение ступицы муфты сцепления и эксцентрикового вала по запрессованной конической втулке. Моделирование подсистем от действия крутящего момента и демонтаж ступицы с вала выполняется на основе МКЭ и специального метода учета кулоновского трения, зон сцепления и проскальзывания деталей.

Ключевые слова: линейно-упругие конструкции, метод конечных элементов.

R.A. Zhilin, Y.B. Rukin

DETERMINATION OF BASIS FUNCTIONS TO CALCULATE THE MODE TRANSVERSE VIBRATIONS SILENUS WHOLE AUTONOMOUS OTORA

The clutch hub and the eccentric shaft connection are investigated: using pressed in tapered bush. The subsystem modeling from the torque and dismantle of a nave from a shaft static action is carried out on the FEM basis and taking into consideration the Coulomb friction method, engagement areas and elements slip-page as a result of the contact.

Keywords: linearly-elastic designs, finite element method.

Обеспечение надёжной передачи крутящего момента от привода к главному исполнительному механизму является одной из наиболее актуальных задач проектирования и эксплуатации тяжелых кривошипных прессов (КГШП). Наиболее перспективным представляется вариант посадки ступицы муфты сцепления на эксцентриковый вал с помощью *фрикционного соединения по конической втулке* с гарантированным натягом в стыках. При проектировании и эксплуатации муфт с такой посадкой ступицы возникает необходимость решения двух взаимосвязанных задач – прямой и обратной:

– как рассчитать необходимый и достаточный натяг, обеспечивающий работоспособность, надежность и долговечность указанного фрикционного контактного соединения в процессе эксплуатации пресса?

– как путем математического моделирования предусмотреть оптимальный режим демонтажа запрессованной конической втулки посредством управляемого раскрытия контактного стыка подачей в него под определенным давлением рабочей жидкости – масла?

Принятие *обоснованного* конструкторского решения, касающегося оценки работоспособности и целесообразности выбора одного из указанных вариантов для того или иного прессы, требует на стадии технического проектирования достоверной информации о характере фрикционных взаимодействий контактирующих тел – вала, ступицы и деталей их сопряжения. В отличие от отрицательного влияния трения в таких кинематических парах прессы, как эксцентриковый вал и опорная втулка стойки, тот же вал и шатуны, ползун и направляющие, в контактных стыках рассматриваемых соединений вала и втулки сухое, или, как принято говорить, *конструкционное трение является положительным фактором*. В соединении по конической втулке работоспособность соединения определяется *только силами трения*.

До самого последнего времени в литературе по механике прессов и, более того, в контактной механике вообще [1], теоретические результаты исследований фрикционных систем упругих тел были получены на чрезвычайно упрощенных академических моделях – *локальных* герцевских взаимодействий. Проблема математического моделирования сложных механических систем усугубляется еще и тем, что подобные контактные системы состоят из большого числа деталей весьма сложных конфигураций, требующих их рассмотрения в *трехмерных* напряженных состояниях. Дискретные, в частности, наиболее распространенные модели такого рода систем, построенные на базе метода конечных элементов (МКЭ) [2], отличаются высокой размерностью и требуют разработки специального проблемно-ориентированного теоретического и программного обеспечения [3-7].

Целью исследований является моделирование и анализ конструктивных вариантов посадок для определения возможностей увеличения срока службы и эксплуатационной надежности контактных подсистем «эксцентриковый вал – ступица муфты».

Постановка задачи опирается на принцип *структурной локализации* единой контактной системы и выделения из нее для автономного рассмотрения контактной подсистемы, включающей основные *объекты исследования*. Детали вводятся в подсистему так, чтобы принятая конструктивная модель была в определенной мере *оптимальной* по сочетанию уровней ее простоты и достоверности получаемых результатов. В излагаемом исследовании для обеспечения этой цели в конструктивные модели (рис. 1) включается часть эксцентрикового вала, расположенная между внешней торцевой плоскостью ступицы и поперечной плоскостью, отсекающей первый эксцентрик со стороны муфты. Торец включенной в модель части вала, образованный отсекающей плоскостью, считается жестко заземленным.

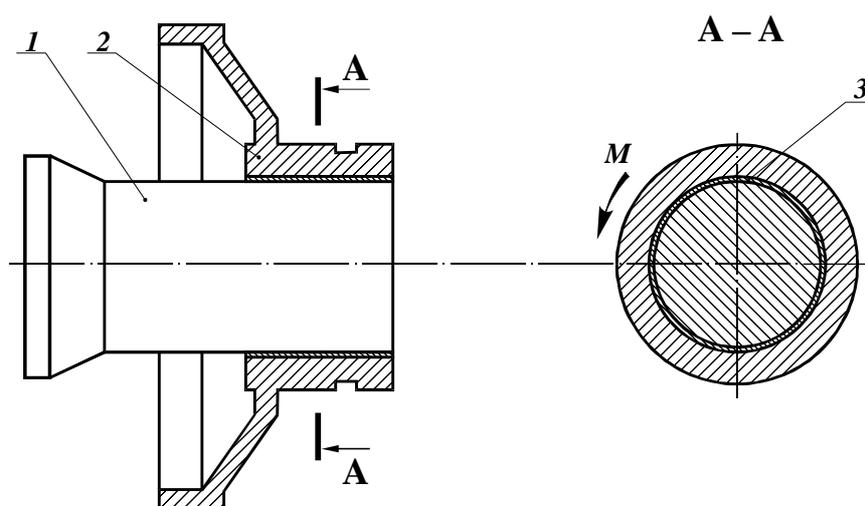


Рис. 1. Варианты посадки ступицы муфты на эксцентриковый вал:
1 – эксцентриковый вал, 2 – ступица муфты, 3 – коническая втулка

В зависимости от конкретного варианта соединения в конструктивной модели учитывается соответствующая конфигурация ступицы и контактирующей с ней части вала, а также деталей, фиксирующих посадку ступицы на вал. Каждый из вариантов посадки должен обеспечивать надежную (без срыва) передачу крутящего момента от привода к кривошипно-ползунному механизму пресса. Оценка надежности, зависящей от достижения того или иного уровня затянутости, сводится к численному определению и экспертному анализу распределения контактных сил и выявлению в стыках деформированных деталей *зон сцепления и проскальзывания*.

Численное исследование и экспертный анализ работоспособности сравниваемых конструктивных вариантов соединения основываются на результатах моделирования соответствующих подсистем деталей КГШП усилием 40 МН, выпускаемого заводом ТМП. Максимальный крутящий момент, передаваемый соединением вала и ступицы этого пресса, равняется 1,25 МН·м. Трение скольжения по предложению разработчиков конструкции в стыках принимается соответственно закону Кулона при коэффициенте трения $f = 0,14$.

При моделировании исследуемой фрикционной системы – с учетом экспертного анализа ее специфики – принято, что кулоновские силы трения возникают только в плоскостях, параллельных торцу контактирующей части эксцентрикового вала, т.е. соответственно распределенному моменту, приложенному к ступице и вращающему ее относительно продольной оси вала. При таком подходе в каждом контактном узле из множества сопряженных возникают по две составляющих контактных сил – нормальная и касательная (сила трения). По алгоритму неинкрементального метода [4] выполняется *итерационная процедура поиска зон проскальзывания и сцепления*.

Крутящий момент моделируется в виде узловых сил, направленных по касательной к внешней поверхности венца и равномерно распределенных по его ширине. В конструктивную модель включается область эксцентрикового вала, расположенная между внешней торцевой плоскостью ступицы и плоскостью, отсекающей первый эксцентрик со стороны муфты. В условно выделенную часть эксцентрикового вала вводятся *граничные условия*, аналогичные жесткой заделке поперечного сечения в зоне близкой к опорной части вала.

Исследуемая подсистема моделируется в трехмерном линейно-упругом напряженном состоянии. Рассматриваются два основных варианта: затяжка с учетом трения и при его отсутствии между контактирующими деталями; технологическая нагрузка с учетом трения в контактных стыках.

Соединение исследуется на конструктивной модели из трех деталей при задании натягов и зазоров в следующих вариантах:

сочетание натяга 0,6 мм в стыке «ступица–втулка» и начального зазора 0,12 мм в стыке «вал–втулка»;

сочетание натяга 0,85 мм в стыке «ступица–втулка» и начального зазора 0,12 мм в стыке «вал–втулка»;

сочетание натяга 0,85 мм в стыке «ступица–втулка» и начального зазора 0,15 мм в стыке «вал–втулка»;

сочетание натяга 1,1 мм в стыке «ступица–втулка» и начального зазора 0,15 мм в стыке «вал–втулка».

Для аппроксимации деталей рассматриваемой подсистемы был использован только один тип конечных элементов – произвольный *пентаэдр первого порядка* (рис. 2). Размерность объединенного ансамбля МКЭ моделируемой подсистемы характеризуется 17 724 степенями свободы.

Без учета сил трения исследуемая модель обладает 8 кинематическими степенями свободы, учет сил трения увеличивает их количество до 10. Во всех контактных зонах введено 864 пары сопряженных узлов.

Из анализа картины численного моделирования при технологическом нагружении (крутящем моменте) с различными сочетаниями зазоров и натягов можно сделать некоторые выводы. В зону контакта вошли все пары сопряженных узлов. В области сопряжения «втул-

ка–ступица» сцепление наблюдается на всей поверхности контакта для всех вариантов сочетаний зазоров и натягов. Для области «вал–втулка» получены результаты при следующих значениях натяга: натяг 0,6 мм – вся зона контакта перешла в область проскальзывания; натяг 0,85 мм в стыке «ступица–втулка» и зазор 0,12 мм в стыке «вал–втулка» – область сцепления составляет 56% площади зоны контакта; соответственно натяг 0,85 мм и зазор 0,15 мм – область сцепления составляет 44% площади зоны контакта; соответственно натяг 1,1 мм и зазор 0,15 мм – сцепление охватывает 67% площади зоны контакта.

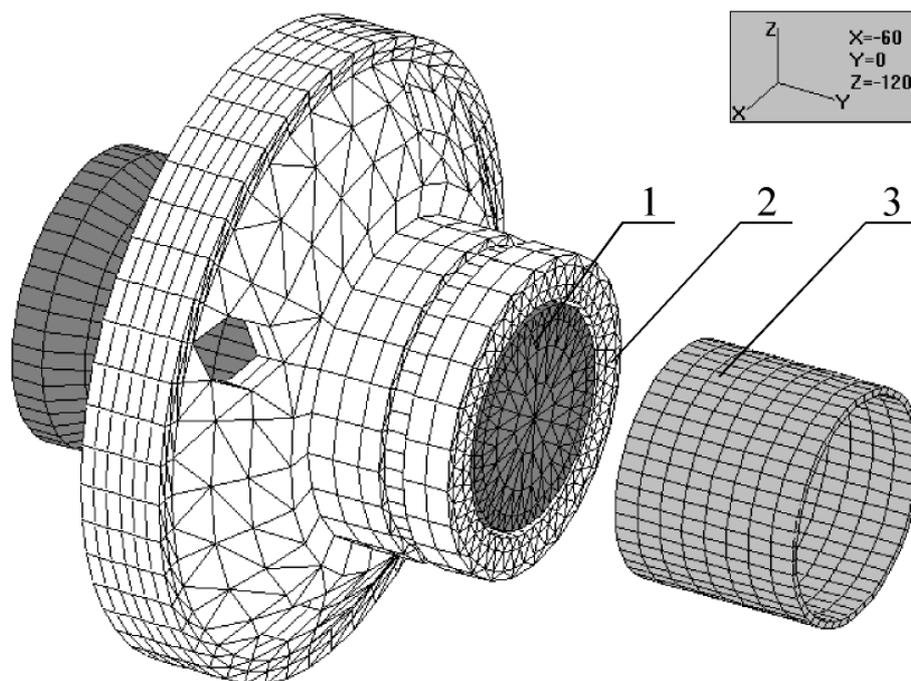


Рис. 2. Конечноэлементные ансамбли исследуемой подсистемы:
1 – эксцентриковый вал; 2 – ступица муфты; 3 – коническая втулка

Уменьшение зазора между валом и втулкой на 20% увеличивает эквивалентные напряжения в вале на 1,7%, в ступице на 4% и во втулке на 2%. Увеличение величины натяга между втулкой и ступицей на 29,4% в свою очередь ведет к возрастанию эквивалентных напряжений в вале на 15%, в ступице на 36% и во втулке на 24%.

На следующем этапе работы рассматривается вторая, *обратная* задача.

Постановка задачи опирается на принцип *структурной локализации*, согласно которому из единой контактной системы выделяется для автономного моделирования подсистема, включающая основные *объекты исследования*. Детали вводятся в подсистему так, чтобы принятая конструктивная модель была в определенной мере *оптимальной* по сочетанию уровней ее простоты и достоверности результатов.

Воздействие рабочей жидкости, которая через специальные канавки подается под давлением в демонтажный контактный стык, представляется в модели некоторыми *искомыми* распределенными силами (рис. 3). При их приближенном моделировании на различных участках стыка должно быть – при необходимости, установленной экспертно, – учтено возможное *уменьшение коэффициента трения скольжения за счет образования слоя смазки* стыков рабочей жидкостью. При анализе факторов, влияющих на процесс снятия ступицы с эксцентрикового вала, следует, по возможности, оценить коническую форму втулки.

Целью решения поставленной задачи является определение интенсивности, характера распределения и последовательности приложения давлений рабочей жидкости, обеспечивающей

приближенно оптимальный режим раскрытия стыка и снятия демонтируемой ступицы с эксцентрикового вала с учетом *проектного* натяга между ними и конкретной конфигурации ступицы, от которой зависит ее деформируемость и, следовательно, условия раскрытия стыка.

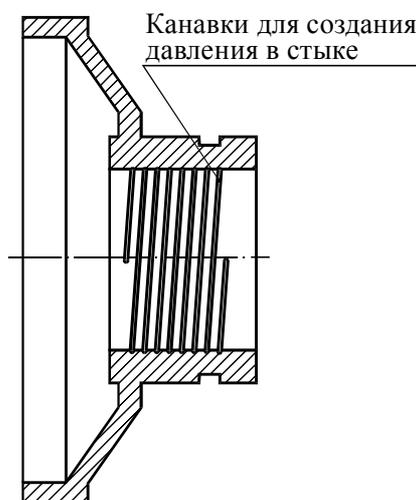


Рис. 3. Сечение ступицы вдоль оси

Оценка нагруженного состояния фрикционного соединения зависит от конфигураций деталей подсистемы, уровня ее затянутости и сводится к численному определению распределения контактных сил и выявлению в стыках деталей *зон сцепления и проскальзывания*.

Воздействие рабочей жидкости, которая через специальные канавки подается под давлением в демонтажный контактный стык, представляется в модели некоторыми *искомыми* распределенными силами. При их приближенном моделировании на различных участках стыка должно быть – при необходимости, установленной экспертно, – учтено возможное *уменьшение коэффициента трения скольжения за счет образования слоя смазки* стыков рабочей жидкостью. При анализе факторов, влияющих на процесс снятия ступицы с эксцентрикового вала, следует, по возможности, оценить коническую форму втулки.

Целью решения поставленной задачи является определение интенсивности, характера распределения и последовательности приложения давлений рабочей жидкости, обеспечивающей *приближенно оптимальный режим* раскрытия стыка и снятия демонтируемой ступицы с эксцентрикового вала с учетом *проектного* натяга между ними и конкретной конфигурации ступицы, от которой зависит ее деформируемость и, следовательно, условия раскрытия стыка.

Исследуемая подсистема моделируется в трехмерном линейно-упругом напряженном состоянии. Рассматриваются три основных варианта нагружения соединения: затяжка с учетом трения; наращивание давления до установленной величины в специальных канавках ступицы; технологическая нагрузка для съема ступицы с учетом трения в контактных стыках. Воздействие рабочей жидкости в специальных канавках ступицы (рис. 2, в), представляется в модели равными по модулю распределенными силами, действующими со стороны ступицы и вала навстречу друг другу.

При построении конструктивных моделей деталей за основу приняты их рабочие чертежи с внесением некоторых обоснованных упрощений, согласованных с разработчиками прессы.

Выводы

Рассмотрена актуальная в прессостроении проблема выбора рационального варианта соединения ступицы муфты сцепления и эксцентрикового вала. Исследованы контактные силы, зоны сцепления и взаимного проскальзывания деталей во *фрикционном соединении по конической втулке*.

Проведена *экспертная идентификация параметров оптимизации* режима подачи рабочей жидкости с целью управляемого раскрытия стыка.

Выполнена *серии* вычислительных процедур реализации *инкрементального метода* механики фрикционных систем по определению сил контактных взаимодействий и последовательных деформированных состояний монтажного стыка деталей исследуемой подсистемы при действии на нее вариантов заданного давления рабочей жидкости

Библиографический список

1. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. М.: Мир, 1989. 510 с.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541 с.
3. Гольник Э.Р., Гундорова Н.И. Неинкрементальное дискретное моделирование контактных систем упругих шероховатых тел с выявлением зон проскальзывания и сцепления // Изв.вуз. Машиностроение. 1997. № 12. С. 3–8.
4. Гольник Э.Р., Гундорова Н.И. Метод трехмерного дискретного моделирования контактных систем деталей тяжелых прессов с учетом и анализом влияния трения в стыках // Кузнечно-штамповочное производство. 1999. № 10. С. 26–30.
5. Гольник Э.Р., Гундорова Н.И., Дибнер Ю.А., Жилин Р.А., Новокшенов Л.Т. Моделирование и анализ эффективности вариантов фрикционных соединений ступицы муфты и эксцентрикового вала тяжелых КГШП // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением 2000. № 10. С. 30–35.
6. Балаганский В.И., Радченко И.Г., Жилин Р.А., Новокшенов Л.Т. Обеспечение рациональных условий работы затянутого соединения станины кривошипного пресса путем конечно-элементного моделирования // Кузнечно-штамповочное производство, 1997. № 3. С. 24–27.
7. Гольник Э.Р., Жилин Р.А., Радченко И.Г., Рукин Ю.Б. Новые возможности системного математического моделирования при проектировании кривошипных горячештамповочных прессов // Кузнечно-штамповочное производство, 1998. № 3. С. 24–28.

References

1. Johnson K. Mehanika of contact interaction. M: the World, 1989. 510 with.
2. Zenkevich O. Metod of final elements in the technician. M: the World, 1975. 541 with.
3. Golnik E.R., Gundorova N.I. neinkrementalnoe discrete modelling of contact systems of elastic rough bodies with revealing of zones slip and couplings // Izv.vuz. Mechanical engineering. 1997. № 12. With. 3-8.
4. Golnik E.R., Gundorova N.I. method of three-dimensional discrete modelling of contact systems of details heavy presses with the account and the analysis of influence of a friction in joints // Forge-shtampovochnoe manufacture. 1999. № 10. With. 26-30.
5. Golnik E.R., Gundorova N.I., Dibner J.A., Zhilin R. A, Novokshchenov L.T. modelling and the analysis of efficiency of variants of frictional connections of a nave Clutch and supplementary shaft heavy crank hot-forging press // Forge-shtampovochnoe manufacture. Processing of materials by pressure 2000. № 10. With. 30-35.
6. Balagansky V. I., Radchenko I. G., Zhilin R. A, Novokshchenov L.T. Maintenance of rational working conditions of the tightened connection of a bed crank presses by finite element modelling // Forge-shtampovochnoe manufacture, 1997. № 3. With. 24-27.
7. Golnik E.R., Zhilin R. A, Radchenko I.G., Rukin JU.B. new of possibility of system mathematical modelling at designing crank presses // Forge-shtampovochnoe manufacture, 1998. № 3. With. 24-28.

*Воронежский государственный
технический университет
Д. т. н., профессор кафедры строительной
техники и инженерной механики
В.А. Жулай,
ст. преп. Е.В. Кожакин,
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-70-66-90
e-mail: kzhknzhnj@rambler.ru*

*Voronezh State
Technical University
Doctor of tech. sciences., professor of the
structural technique and engineering mechan-
ics dept V.A. Zhulai,
E.V. Kozhakin,
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-70-66-90, e-
mail: kzhknzhnj@rambler.ru*

В.А. Жулай, Е.В. Кожакин

О ВОЗМОЖНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРООБЪЕМНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ПРИВОДА КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ АВТОГРЕЙДЕРОВ

В статье представлены основные положения для определения основных параметров гидропривода автогрейдеров. Рассмотрены вопросы определения оптимальных параметров и характеристик машин с помощью математических методов.

Ключевые слова: гидрообъемные передачи, расчет гидрообъемных передач, транспортно-технологические машины.

V.A. Zhulai, E.V. Kozhakin

ON THE POSSIBLE REGULATION OF HYDROSTATIC DIFFERENTIAL-TION OF THE DRIVE WHEEL MOVER GRADERS

The article presents the basic provisions for determining the main parameters of hydraulic motor graders. The problems of determining the optimal parameters and characteristics of the machines with the help of mathematical methods.

Keywords: hydrostatic transmission, calculation of hydrostatic transmission, transport-and-technological machines.

Применение гидрообъемных передач в трансмиссиях различных машин является одним из перспективных направлений их развития. Несмотря на сложность, высокую стоимость и требования к условиям эксплуатации эти передачи получают всё более широкое применение на сельскохозяйственных, строительно-дорожных машинах, тракторах и тягачах. Их основными преимуществами является гибкость компоновки, возможность упрощения передачи потока мощности к различным исполнительным механизмам, расположенным в отдаленных и труднодоступных местах и простота управления [1].

В трансмиссиях различных технологических самоходных и строительно-дорожных машин [2,3] используются полнопоточные гидрообъемные передачи с одним насосом и несколькими параллельно соединенными гидромоторами.

Часто такая схема используется в качестве модуля для привода двух колес расположенных на одной оси. В этом случае связь между колесами одной оси оказывается гидро-

дифференциальной, что обеспечивает возможность их движения с разными скоростями в повороте, но при снижении проходимости.

При установке делителей потока (расхода) происходит двойное дросселирование: дросселирование всего потока подводимого к приводу ведущего моста и дополнительное дросселирование потока подаваемого на буксующее колесо [4], что приводит к снижению общего КПД гидрообъемной передачи. Метод изменения рабочих объемов регулируемых гидромоторов ведущего моста является сложным и затратным из-за высокой стоимости таких гидромашин, в то время как, частичная блокировка гидродифференциальной передачи путем дросселирования магистрали привода одного из ведущих колес или его подтормаживанием, это наиболее простой и менее затратный способ в практической реализации.

Рассмотрим работу открытого полнопоточного гидрообъемного привода одиночного ведущего моста (рис. 1), используемого, например, для активизации переднего управляемого моста автогрейдера [3 – 5].

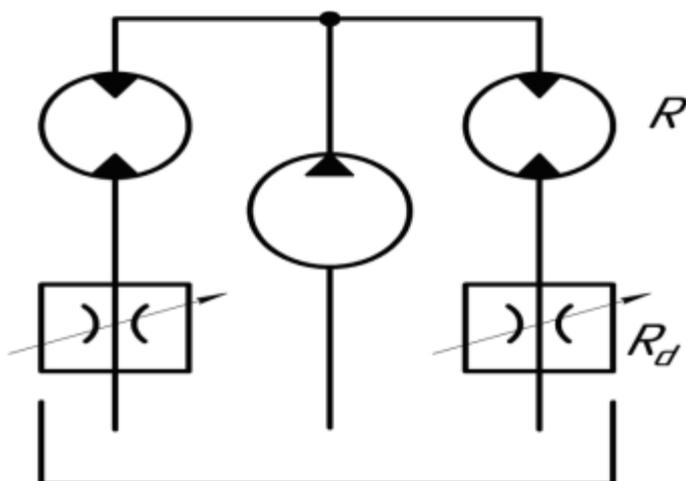


Рис. 1. Принципиальная схема полнопоточного гидрообъемного привода одиночного ведущего моста

Такая схема с одним насосом и двумя параллельно соединенными гидромоторами является гидродифференциальной, что позволяет обеспечивать возможность движения колес одной оси с разными скоростями в повороте, но при снижении проходимости.

Для повышения проходимости необходима частичная блокировка гидродифференциальной связи колес. Это осуществляется путем введением делителя потока (расхода), изменением рабочих объемов регулируемых гидромоторов, установкой дополнительных гидравлических сопротивлений в магистралях привода каждого из колес, или их подтормаживанием.

При установке делителя потока (расхода) происходит его двойное дросселирование: дросселирование калиброванными отверстиями всего потока подводимого к приводу ведущего моста и дополнительное дросселирование регулирующим золотником потока подаваемого на буксующее колесо, что приводит к снижению общего КПД гидрообъемной передачи. Способ частичной блокировки изменением рабочих объемов регулируемых гидромоторов ведущего моста является сложным и затратным из-за необходимости обеспечения синхронизации управления и высокой стоимости таких гидромашин. Регулирование работы гидродифференциальной передачи путем дросселирования магистрали привода одного из ведущих колес или его подтормаживанием – это наиболее простые и менее затратные способы, аналоги которых получили практическую реализацию в системах ABS и ASR серийных автомобилей.

Различные аналитические зависимости для определения взаимосвязи силовых и скоростных параметров гидравлических машин разомкнутого насосного гидропривода с парал-

лельными магистралями позволяют моделировать и исследовать их работу при частичной блокировке передачи путем дросселирования магистрали привода одного из ведущих колес или его механического подтормаживания.

Результаты моделирования работы открытого полнопоточного гидрообъемного привода одиночного ведущего моста с регуляторами расходов рабочей жидкости гидромоторами путем изменения значений дополнительных гидравлических сопротивлений представлены на рис.2,3. На рис. 2 приведена графическая зависимость величины добавочного гидравлического сопротивления R_d от изменения крутящего момент M на валу гидромотора выведенная блоком XY Graph.

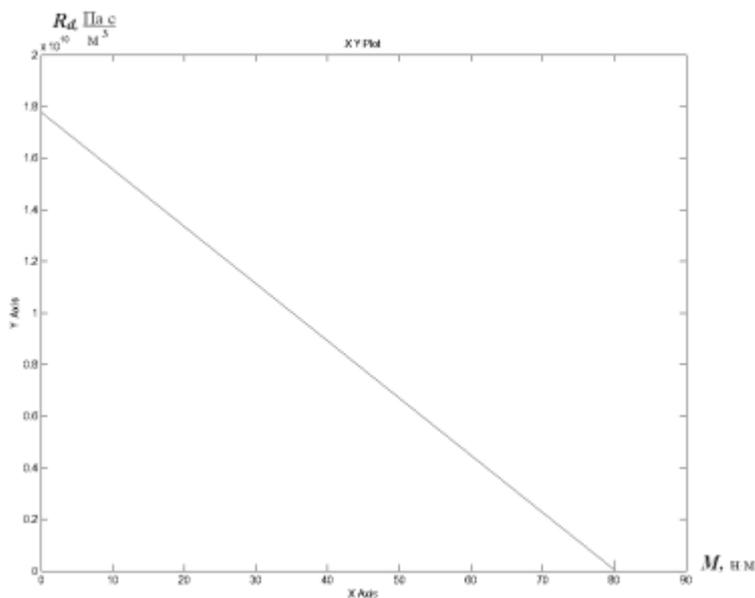


Рис. 2. Зависимость величины добавочного гидравлического сопротивления R_d от крутящего момент M на валу гидромотора

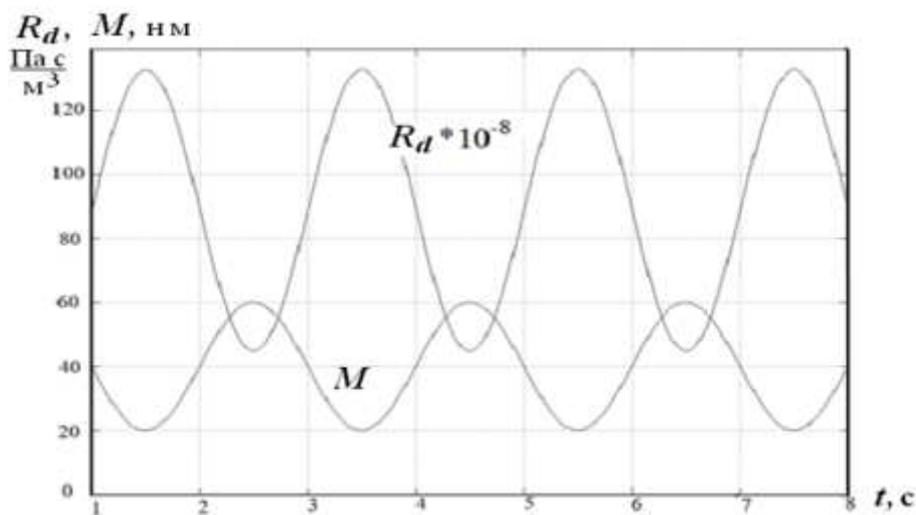


Рис. 3. Зависимости изменения дополнительного гидравлического сопротивления R_d и крутящего момент M на валу гидромотора

Выводы

1. Получены теоретические зависимости для определения взаимосвязи силовых и скоростных параметров гидрообъемного дифференциального привода колесного движителя с дополнительными гидравлическими сопротивлениями.
2. Полученные теоретические зависимости и построенная на их основе в системе Simulink математическая модель позволяют исследовать работу гидрообъемных приводов движителей транспортных и тяговых машин при различных значениях их параметров.
3. Представленные теоретические зависимости для нерегулируемых гидрообъемных передач могут быть применены и для расчетов статических режимов приводов с регулируемым насосом.

Библиографический список

1. Гидрообъемные передачи в трансмиссиях специальных самоходных машин/ Крumboldt Л.Н., Головашкин Ф.П., Стрелков А.Г. // *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*, 2013. - Т. 1. № 1. – С. 96-104.
2. Петров В.А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин. М.: Машиностроение, 1988 – 244 с.
3. Двухосный автогрейдер ГС-10.01/ Луневич В.П., Жулай В.А., Серов А.А. // *Строительные и дорожные машины*, 2000. - № 12. – С. 10.
4. Режимы работы регулируемой гидрообъемной передачи в тяговом приводе автогрейдера/ Жулай В.А., Енин В.И., Серов А.А. // *Механизация строительства*, 2008. - № 7. – С. 15-16.
5. Исследование тяговых и эксплуатационных показателей автогрейдера ГС-25.09/ Журавлев В.В., Потапов А.П., Жулай В.А. [и др.] // *Строительные и дорожные машины*, 2014. – № 1. – С. 2 – 5.

References

1. Hydrostatic transmission in the transmission of special self-propelled machines/ Crumbled LN., Golovashkin PP, Shooters A.G. // *Bulletin of Moscow state technical University MAMI*, 2013. – So № 1. - P. 96-104.
2. Petrov V.A. Hydrostatic transmissions self-propelled machines. M: Mashinostroenie, 1988 - 244 P.
3. Two-axle motor grader GS-10.01/ Linevich V. P, Zhulai V.A. , Serov A.A. // *Construction and road machines*, 2000. - № 12. - 10 P..
4. Modes controlled hydrostatic transmission in the traction drive motor grader/ Zhulai V.A., Enin V. I, Serov A.A. // *Mechanization of construction*, 2008. - № 7. - P. 15-16.
5. Research of traction and performance figures grader GS-25.09/ Zhuravlev V.V. Potapov A.P., Zhulai V.A [and other] // *Construction and road machines*, 2014. - № 1. - P-2- 5.

Воронежский государственный технический университет

Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительной техники и инженерной механики В.А. Жулай;

*Канд. техн. наук, доцент В.Л. Тюнин;
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: tuninvl@yandex.ru*

*Voronezh State Technical University
Dr.Sci.Tech., prof., head of the chair of building engineering and engineering mechanics*

*V.A. Zhulai;
Cand. of Tech. Science, Associate prof.*

*V.L. Tyunin;
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: tuninvl@yandex.ru*

В.А. Жулай, В.Л. Тюнин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОПЛИВНОГО БАЛАНСА САМОХОДНЫХ КОЛЁСНЫХ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Представлены мощностной и топливный балансы самоходных колёсных транспортно-технологические машин на тяговом режиме. Представлен топливный баланс на тяговом режиме, и проведен его анализ.

Ключевые слова: мощностной баланс, топливный баланс, колёсный движитель, транспортно-технологические машины.

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin

DEFINITION FUEL BALANCES OF SELF-PROPELLED WHEELED EARTH-MOVING MACHINES

The article with the power and fuel balances of self-propelled wheeled transport and technological machines on the traction mode. The fuel balance on the traction mode is presented, and its analysis is conducted.

Key words: the power balance, fuel balance, wheeled mover, transport and technological machines.

Выполнение земляных работ невозможно представить без широкого применения самоходных колёсных землеройно-транспортных машин (СКЗТМ). Особенностью данных машин является осуществление послойной разработки грунта, транспортирование его и выгрузку в отвал. Одной из важнейших тенденций в развитии конструкции СКЗТМ является увеличение их энергонасыщенности, что позволяет существенно увеличить производительность и повысить качество выполняемых работ [1, 2, 3].

При повышении энергонасыщенности ЗТМ необходимо знать точное распределение мощности (энергии) двигателя, полученной при сгорании топлива, на выполнение основного технологического процесса, совершение работы в различных механизмах машины и взаимодействие колёсного движителя (КД) с опорной поверхностью. Данное распределение мощности можно определить с помощью мощностного и топливного балансов СКЗТМ.

Исследованию мощностного и топливного балансов посвящены многие работы отечественных и зарубежных учёных. Как известно, впервые уравнение мощностного баланса для автомобиля было предложено академиком Е.А. Чудаковым. Исходной в уравнениях мощностного баланса является эффективная мощность двигателя, которая затрачивается на преодоление внешних сопротивлений движению и на потери в трансмиссии.

$$N_e = N_{TP} + N_f \pm N_h + N_\omega + N_j, \quad (1)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя;

N_{TP} – потеря мощности в трансмиссии;

N_f, N_h, N_ω, N_j – мощности, затрачиваемые на сопротивление качению, уклону, воздуха и инерции, соответственно.

Согласно работе Н.А. Ульянова мощностной баланс СКЗТМ на тяговом режиме будет выглядеть следующим образом

$$N_e \cdot \eta_{mp} = N_K = N_T + N_f + N_\delta, \quad (2)$$

где η_{mp} – КПД трансмиссии;

N_K – мощность, подведённая к колёсному движителю;

N_T – тяговая мощность или мощность, расходуемая на копание грунта;

N_δ – мощность, затрачиваемая на буксование колёсного движителя.

В последствии в мощностной баланс автомобиля стали включать составляющие тепловых $N_{ТП}$ и механических $N_{МП}$ потерь в двигателе внутреннего сгорания (ДВС), а в левой части стояла мощность, эквивалентная тепловой энергии, выделяемой при полном сгорании топлива в цилиндрах ДВС (теоретическая мощность) $N_{ТЕОР}$ [4].

С учётом вышеперечисленного мощностной баланс автомобиля в общем случае имеет следующий вид

$$N_{ТЕОР} = N_{ТП} + N_{МП} + N_{TP} + N_f \pm N_h + N_\omega + N_j. \quad (3)$$

В работе Н.А. Ульянова [1] мощностной баланс СКЗТМ на тяговом режиме выглядит следующим образом

$$N_e \cdot \eta_{mp} = N_K = N_T + N_f + N_\delta \pm N_h + N_j, \quad (4)$$

В уравнении мощностного баланса СКЗТМ [1] отсутствует мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха, т.к. копание грунта производится на пониженных передачах, но при повышенном проскальзывании (буксовании) колёсного движителя из-за большой силы тяги, которые учитываются своими составляющими мощностного баланса - N_δ и N_T .

Для получения полной картины мощностного баланса СКЗТМ на тяговом режиме необходимо за исходную взять теоретическую мощность $N_{ТЕОР}$ с учётом тепловых и механических потерь в двигателе, потери мощности в трансмиссии учитывать отдельной составляющей N_{TP} . Кроме того формулы для нахождения составляющих N_f, N_δ определяются по уточнённым формулам [5, 6].

Таким образом, мощностной баланс СКЗТМ на тяговом режиме будет иметь вид

$$N_{ТЕОР} = N_{ТП} + N_{МП} + N_{TP} + N_T + N_f + N_\delta \pm N_h + N_j. \quad (5)$$

Для определения рационального использования топлива перейдём к рассмотрению топливного баланса.

Часовой расход топлива G_T можно выразить через теоретическую мощность [7, 8]

$$G_T = N_{ТЕОР} \cdot U / h_u, \quad (6)$$

где h_u – низшая теплота сгорания топлива;

U – термический эквивалент, т. е. количество тепла, эквивалентное работе двигателя мощностью 1 кВт в течении 1 часа.

Или с учётом того, что $U/h_u = g_{ТЕОР}$ – теоретический удельный расход топлива [4], получим

$$G_T = N_{ТЕОР} \cdot g_{ТЕОР}. \quad (7)$$

Теоретический удельный расход топлива $g_{ТЕОР}$ является величиной постоянной, т.к. $U = \text{const}$ и $h_u = \text{const}$.

Заменив теоретическую мощность на составляющие мощностного баланса, формулу (7) можно представить следующим образом

$$N_{ТЕОР} \cdot g_{ТЕОР} = (N_{ТП} + N_{МП} + N_{TP} + N_T + N_f + N_\delta \pm N_h + N_j) \cdot g_{ТЕОР}. \quad (8)$$

Выразим формулу (8) в виде уравнения топливного баланса СКЗТМ

$$G_T = G_{ТП} + G_{МП} + G_{TP} + G_{TT} + G_f + G_\delta \pm G_h + G_j. \quad (9)$$

В левой части этого уравнения стоит часовой расход топлива двигателем, а в правой части составляющие расхода топлива, затраченные на полезную тяговую мощность и на все виды потерь мощности.

Количество топлива, затраченное на тепловые потери в двигателе

$$G_{ТП} = N_{ТП} \cdot g_{ТЕОР} = [(G_T \cdot h_u / U) - N_i] \cdot g_{ТЕОР}, \quad (10)$$

где N_i – индикаторная мощность двигателя внутреннего сгорания.

Количество топлива, затраченное на механические потери в двигателе

$$G_{МП} = N_{МП} \cdot g_{ТЕОР} = (p_{МП} \cdot V_h \cdot n \cdot i / 120) \cdot g_{ТЕОР}, \quad (11)$$

где $p_{МП}$ – давление механических потерь;

V_h – рабочий объём ДВС;

n – частота вращения коленчатого вала ДВС;

i – число цилиндров.

Количество топлива, затраченное на потерянную мощность в трансмиссии

$$G_{ТП} = N_{ТП} \cdot g_{ТЕОР} = [N_e \cdot (1 - \eta_{ТП})] \cdot g_{ТЕОР}. \quad (12)$$

Количество топлива, затраченное на получение тяговой мощности

$$G_{ТТ} = N_T \cdot g_{ТЕОР} = (T \cdot v_D) \cdot g_{ТЕОР}, \quad (13)$$

где T – сила тяги развиваемая СКЗТМ;

v_D – действительная скорость колёсного движителя.

Количество топлива, затраченное на преодоление сопротивления качению

$$G_f = N_f \cdot g_{ТЕОР} = (P_f \cdot v_T) \cdot g_{ТЕОР}, \quad (14)$$

где P_f – сила сопротивления качению колеса; v_T – теоретическая (окружная) скорость колёсного движителя.

Количество топлива, затраченное на буксование колёсного движителя

$$G_\delta = N_\delta \cdot g_{ТЕОР} = (T \cdot v_\delta) \cdot g_{ТЕОР}, \quad (15)$$

где $v_T - v_D = v_\delta$ – скорость буксования колёсного движителя.

Количество топлива, затраченное на преодоление уклона местности («+» движение на подъём, «-» движение под уклон)

$$G_h = N_h \cdot g_{ТЕОР} = \pm (G \cdot v_D \cdot \sin \alpha) \cdot g_{ТЕОР}, \quad (16)$$

где G – сила тяжести машины;

α – угол наклона поверхности движения к горизонту.

Количество топлива, затраченное на преодоление сил инерции

$$G_j = N_j \cdot g_{ТЕОР} = \left(\frac{\chi \cdot G \cdot v_D}{g} \cdot \frac{dv_D}{dt} \right) \cdot g_{ТЕОР}, \quad (17)$$

где χ – коэффициент учёта вращающихся масс;

g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

dv_D/dt – поступательное ускорение машины, «+» разгон, «-» торможение.

По уравнениям (9) – (14) был построен топливный баланс автогрейдера ДЗ-122 в зависимости от силы тяги $T(G_T, G_{ТП}, G_{МП}, G_{ТП}, G_{ТТ}, G_f, G_\delta = f(T))$ (рис. 1). Исходные данные: двигатель А-01МС; трансмиссия механическая, передаточное отношение на первой передаче $i = 96,6$; колёсная схема 1x2x3, шины 14.00-20; масса автогрейдера 140 кН; грунт связный плотный сухой, поверхность грунта горизонтальная ($G_h = 0$); движение установившееся прямолинейное ($G_j = 0$).

Проанализируем полученные зависимости на трёх режимах работы СКЗТМ, для этого представим составляющие топливного баланса в процентах от расхода топлива G_T на данном режиме: режим при силе тяги $T = 0$ (рис. 2); режим максимальной тяговой мощности $N_{Тmax}$ (рис. 3) и режим максимальной силы тяги по сцеплению $T = T\varphi$ (рис. 4).

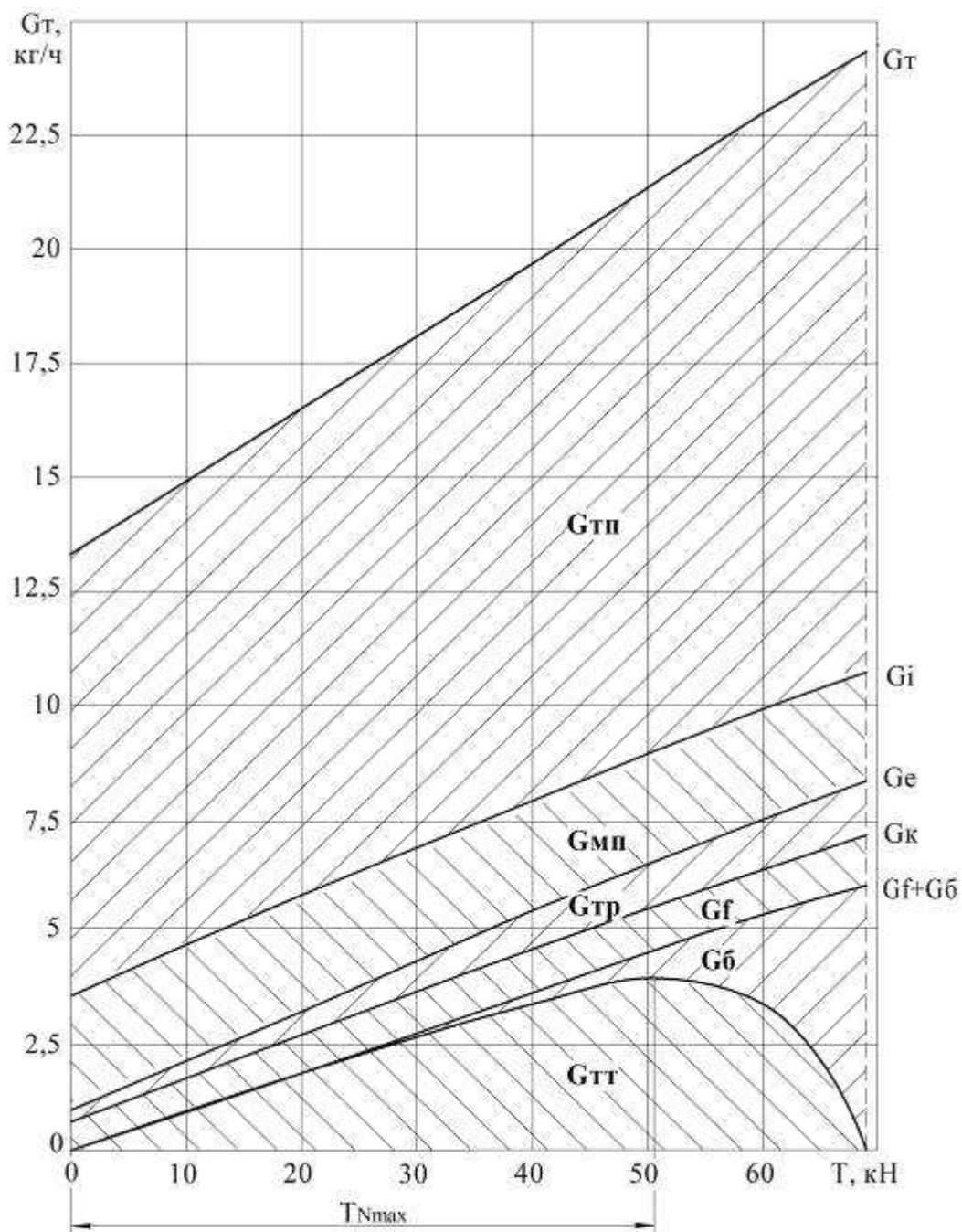


Рис. 1. Топливный баланс автогрейдера ДЗ-122 в зависимости от силы тяги

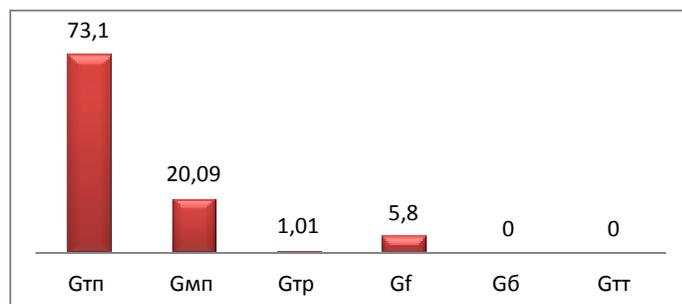


Рис. 2. Топливный баланс автогрейдера ДЗ-122 при $T = 0$, в %

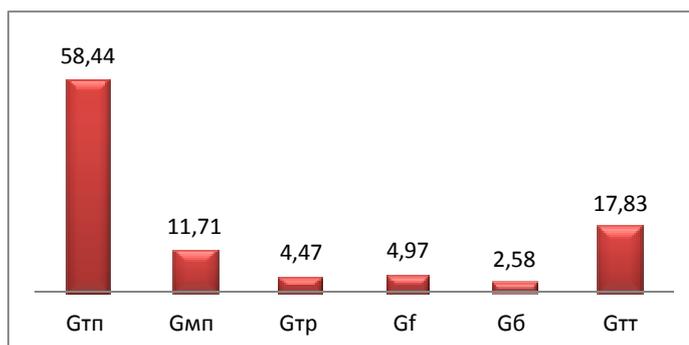


Рис. 3. Топливный баланс автогрейдера ДЗ-122 на режиме $N_t \max$, в %

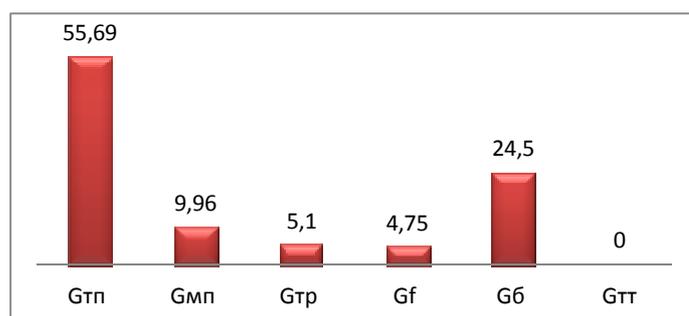


Рис. 4. Топливный баланс автогрейдера ДЗ-122 при $T = T_\phi$, в %

Рассмотрим потери в двигателе. Количество топлива, затраченное на тепловые потери в двигателе $G_{тп}$ в процентах к расходу топлива с возрастанием силы тяги T уменьшается с 73,1% до 55,69%. Также уменьшается и количество топлива, затраченное на механические потери в двигателе $G_{мп}$ с 20,09% до 9,96%.

Количество топлива, затраченное на потерянную мощность в трансмиссии $G_{тр}$ в процентах к расходу топлива с возрастанием T увеличивается с 1,01% до 5,1%.

Количество топлива, затраченное на преодоление сопротивления качению G_f в процентах к расходу топлива с возрастанием T незначительно уменьшается с 5,8% до 4,75%.

Количество топлива, затраченное на буксование колёсного движителя G_b в процентах к расходу топлива с возрастанием T увеличивается с 0% до 24,5%.

Количество топлива, затраченное на получение тяговой мощности $G_{тт}$ в процентах к расходу топлива с возрастанием T увеличивается с 0% при $T = 0$ до 17,83% при $N_{т\max}$, а затем уменьшается до 0% при $T = T_\phi$.

Предлагается использовать топливный баланс для определения конкретных конструктивных мероприятий, направленных на снижение всех видов потерь в СКЗТМ и соответственно снижения расхода топлива.

Библиографический список

1. Ульянов Н.А. Теория самоходных колесных землеройно-транспортных машин / Н. А. Ульянов. – М.: Машиностроение, 1969. – 520 с.
2. Устинов Ю.Ф. Виброакустические характеристики автогрейдеров / Ю.Ф. Устинов, Н.М. Волков, А.С. Покачалов, Д.Н. Гольцов, Д.И. Чернышов // Строительные и дорожные машины. – 2015. – №1. – С. 7-10.

3. Никитин С.А. Результаты исследований звукопоглощающих материалов / С.А. Никитин, Н.М. Волков, Д.Н. Дегтев, С.В. Душкин, С.А. Иванов // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Серия «Высокие технологии. Экология». 2016. №1 – С. 258-266.
4. Токарев А.А. Теоретические предпосылки расчётного анализа мощностного, силового и топливного баланса автомобиля / А.А. Токарев // Тр. НАМИ, Совершенствование технико-экономических показателей автомобильной техники. – Москва, 1989. – С. 40-45.
5. Жулай В.А. Анализ мощностного баланса землеройно-транспортных машин / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин, А.В. Малофеев, А.И. Пошвин // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Серия «Высокие технологии. Экология». 2012. – С. 296-299.
6. Тюнин В.Л. Мощностной баланс землеройно-транспортных машин / В.Л. Тюнин // Материалы IV научно-технической конференции «Молодёжь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России». – Волгоград. ВолГАСУ. 2010. – С. 192-195.
7. Жулай В.А. Мощностной и топливный балансы колёсных землеройно-транспортных машин / В.А. Жулай, В.Л. Тюнин // Строительные и дорожные машины. – 2014. – №9. – С. 42-45.
8. Автомобильные и тракторные двигатели. Ч. 1. / Под общ. ред. И. М. Ленина. – М.: Высшая школа, 1976. – 368 с.

References

1. Ulyanov N.A. Theory of self-propelled wheeled earth-moving machinery / N.A. Ulyanov. – M. : Mashinostroenie, 1969. – 520 p.
2. Ustinov Y.F. vibro-Acoustic characteristics of the graders / Y.F. Ustinov, N.M. Volkov, A.S. Pokatilov, D.N. Goltsov, D.I. Chernyshov // Construction and road machines. – 2015. – No. 1. – S. 7-10.
3. Nikitin S.A. the Results of studies one materials / S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev, S.V. Dushkin, S.A. Ivanov // Scientific Herald of the Voronezh GASU. A series of "High technology. Ecology." 2016. No. 1 – p. 258-266.
4. Tokarev A.A. Theoretical background the design analysis of power, power and fuel balance auto / A.A. Tokarev, Proc. US, the Improvement of the technical and economic performance of automotive vehicles. – Moscow, 1989. – Pp. 40-45.
5. Zhulay V.A. analysis of the power balance earthmovers / V.A Zhulay, V.L. Tyunin, A.V. Malofeev, A.I. Potvin // Scientific Herald of the Voronezh GASU. A series of "High technology. Ecology." 2012. – Pp. 296-299.
6. Tyunin V.L. Power balance earthmovers / V.L. Tyunin // Materials IV scientific conference "Youth and scientific and technical progress in the road sector of the South of Russia". – Volgograd. Volgas. 2010. – P. 192-195.
7. Zhulay V.A. Power and fuel balances of wheeled earth-moving machines / V.A. Zhulay, V.L. Tyunin // Construction and road machines. – 2014. No. 9. – Pp. 42-45.
8. Car and tractor engines. Part 1. Under the General editorship of M. I. Lenin. – M. : Higher school, 1976. – 368 p.

Воронежский государственный технический университет

Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительной техники и инженерной механики В.А. Жулай;

Канд. техн. наук, доцент В.Л. Тюнин;

Студент Б541 группы А.В. Митяев;

Студент Б531 группы С.Б.Князев;

Россия, г. Воронеж, тел. 8(473) 277-01-29

e-mail: tuninvl@yandex.ru

Voronezh State Technical University

Dr.Sci.Tech., prof., head of the chair of building engineering and engineering mechanics

V.A. Zhulai;

Cand. of Tech. Science, Associate prof.

V.L. Tyunin;

The student of group B541 A.V. Mityaev;

The student of group B531 S.B. Knyazev;

Russia, Voronezh, tel. 8(473) 277-01-29

e-mail: tuninvl@yandex.ru

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, A.V. Mityaev, S.B. Knyazev

МОДЕРНИЗАЦИЯ ХОДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЯГАЧА ПОЛУПРИЦЕПНОГО ГРЕЙДЕР-ЭЛЕВАТОРА

Представлен анализ вариантов технических решений колёсного ходового оборудования. Предложен вариант агрегатирования полуприцепного грейдер-элеватора с колёсным трактором ОрТЗ-150К. Описана схема крепления дополнительного колеса к основному.

Ключевые слова: грейдер-элеватор, технические решения, дополнительное колесо.

V.A. Zhulai, V.L. Tyunin, A.V. Mityaev, S.B. Knyazev

MODERNIZATION OF THE CHASSIS EQUIPMENT OF THE TRACTOR SEMI-TRAILER GRADER-ELEVATOR

Presents an analysis of the technical solutions of the wheeled chassis of the equipment. A variant of aggregation semitrailer grader-elevator with wheeled tractor OrTZ-150K. This scheme of attaching an additional wheel to the main.

Key words: grader-elevator, technical solutions, additional wheel.

Одной из главных тенденций технического прогресса в области строительства является развитие землеройной техники – машин непрерывного действия, в том числе и грейдер-элеваторов, обладающих высокими технико-экономическими показателями.

Грейдер-элеватор ДЗ-508А – полуприцепная машина, агрегируемая колёсным трактором К-701, предназначен для разработки грунтов 1,2,3 категорий с каменистыми включениями, размером не более 200 мм.

Машина применяется при строительстве и реконструкции автомобильных дорог и железнодорожных путей, каналов, а также для возведения насыпей из боковых резервов, разработки выемок и неглубоких каналов с отвалом грунта в сторону или погрузкой его в транспорт.

Предлагается грейдер-элеватор вместо трактора К-701 агрегатировать с современным трактором ОрТЗ-150К [1].

Данный трактор меньшего класса, поэтому необходимы меры по повышению тяговых качеств, например установку дополнительных колёс на ведущие мосты и установку специального догрузочного ящика на задней оси.

Далее представлены несколько вариантов технических решений колёсного ходового оборудования позволяющие увеличить силу тяги и повысить проходимость машины.

В работе [2] предложено конструкция системы обычного колеса и вспомогательного эллипсообразного колеса с шиной для повышения проходимости транспортного средства с общей осью вращения (рис. 1).

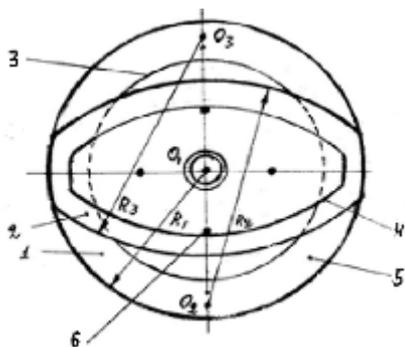


Рис. 1. Колесо со вспомогательным эллипсообразным колесом: 1 – обычное колесо; 2 – эллипсообразное колесо; 3 – обод; 4 – эллипсообразный обод; 5 – шина; 6 – крепежные болты

С торца обычного колеса закреплено эллипсообразное колесо, образованное двумя частями внешней дуги, равной радиусу обычного колеса, и двумя дугами равного радиуса, но с большей величиной радиуса колеса, замыкающими эллипсообразную поверхность, большая ось которой делит ее на равные части относительно оси вращения, с возможностью установки аналогичного эллипсообразного колеса с другой стороны колеса, но с большей осью, развернутой относительно первого эллипсообразного колеса на 90° .

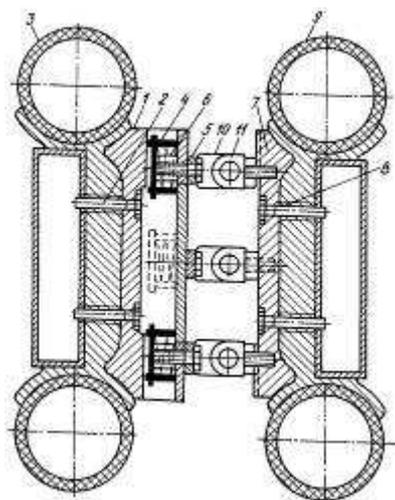


Рис. 2. Ходовой узел с переходным устройством для установки дополнительных колес: 1 – полая планшайба; 2 – стяжные болты; 3 – ведущее колесо трактора; 4 – направляющие-ограничители вращения; 5 – вилки карданных шарниров; 6 – возвратная пружина; 7 – планшайба дискообразного типа; 8 – стяжные болты; 9 – ведомое колесо трактора; 10 – вилки карданных шарниров; 11 – крестовины

В работе [3] предложено переходное устройство для установки дополнительных колес на ступицы переднего моста полноприводного трактора содержащее планшайбу жесткой конструкции (рис. 2). Устройство содержит две планшайбы: упомянутую планшайбу жесткой конструкции, выполненную полый, и планшайбу дискообразного типа, объединенные шестью карданными шарнирами, планшайбы установлены стяжными болтами на ведущее и дополнительное колесо трактора, внутри полый планшайбы на одинаковом расстоянии от центра на направляющих-ограничителях вращения установлены шесть вилок карданных шарниров, подпружиненных возвратной пружиной, на планшайбе дискообразного типа, установленной стяжными болтами на ведомое колесо трактора, на одинаковом расстоянии от центра жестко закреплены вилки карданных шарниров с крестовинами.

В работе [4] предложен колесный движитель, содержащий пневматическую шину, обод, диск, штанговые грунтозацепы, каждый из которых шарнирно закреплен к пальцам, концентрично расположенным относительно центра диска на расстоянии a от наружной окружности движителя, при этом длина штанги грунтозацепа больше величины a , отличающийся тем, что каждый грунтозацеп наделен свойствами толкающего механизма,

оборудован опорным башмаком, подпружинен относительно диска и только одним своим концом шарнирно закреплен на пальце под углом к осевым линиям колеса с возможностью поворота в плоскости диска (рис. 3).

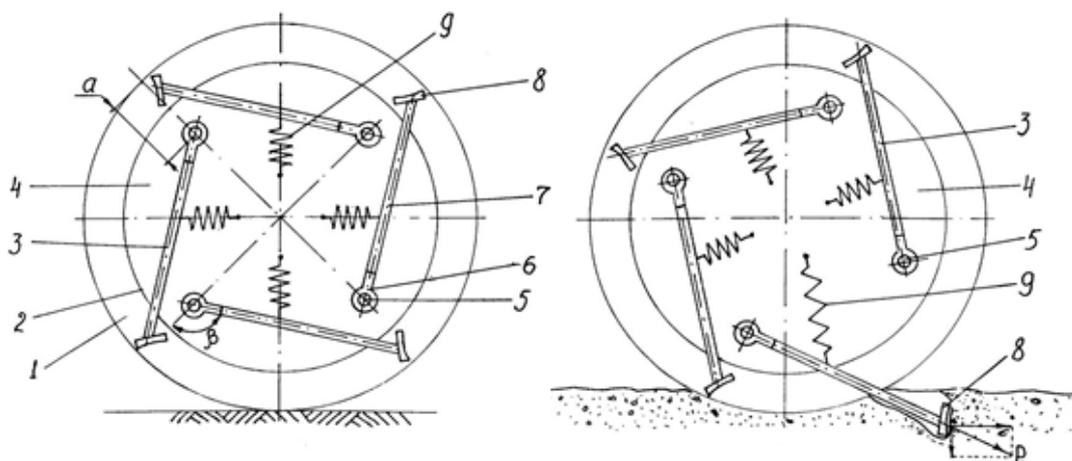


Рис. 3. Колесный движитель со штанговыми грунтозацепами:

1 – пневматическая шина; 2 – обод; 3 – грунтозацепы-толкатели; 4 – диск; 5 – пальцы;
6 – серьга; 7 – штанга; 8 – башмак; 9 – пружина

В работе [5] предложен вспомогательный диск для повышения проходимости транспортного средства (рис. 4), представляющий собой диск (планшайбу) жесткой конструкции, выполненный с возможностью крепления к диску колеса автомобиля, с грунтозацепами, отличающийся тем, что вспомогательный диск выполнен в виде звезды, лучи которой являются основными грунтозацепами, внутри диска расположены дополнительные грунтозацепы, выполненные в виде цельных или полых штырей, с наружной стороны заостренные, а с внутренней выполнены четырехгранными, дополнительные грунтозацепы выполнены с возможностью радиального перемещения посредством резьбового соединения, вспомогательный диск (планшайба) и дополнительные грунтозацепы снабжены отверстиями, в которые вставляются шпильки или контргайки для фиксации дополнительных грунтозацепов на определенном уровне.

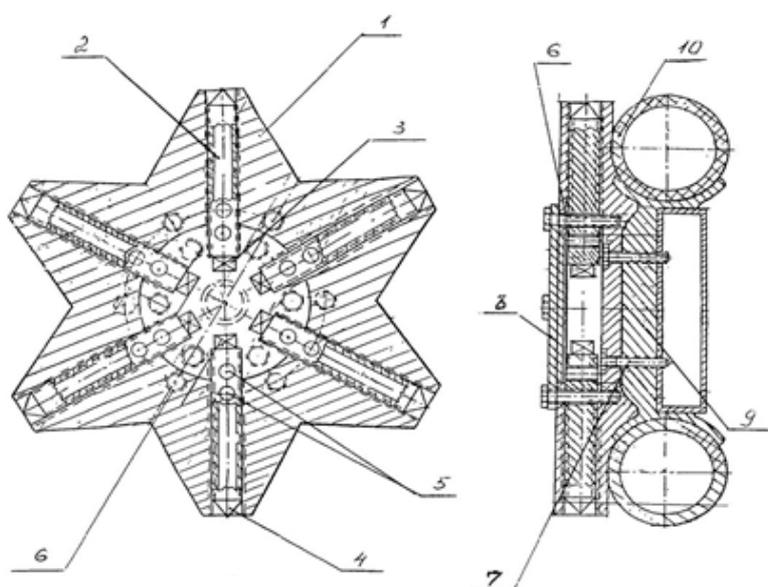
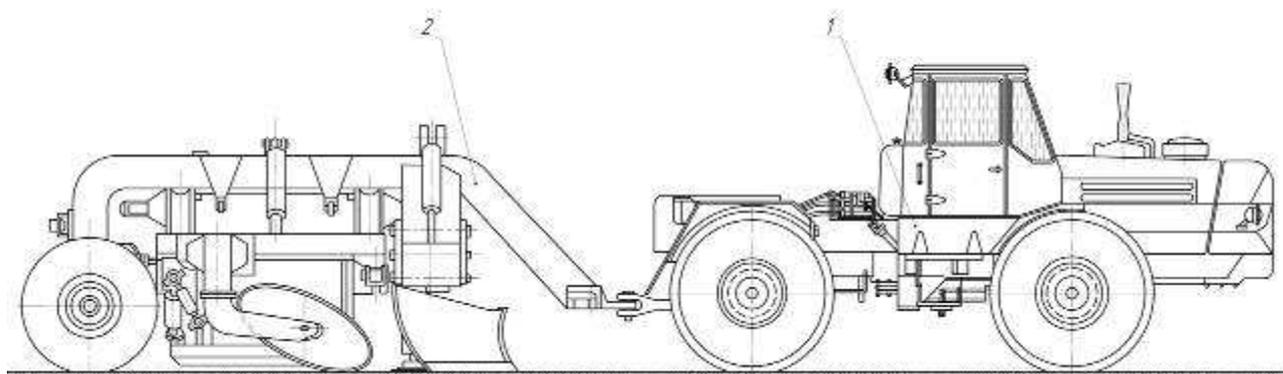


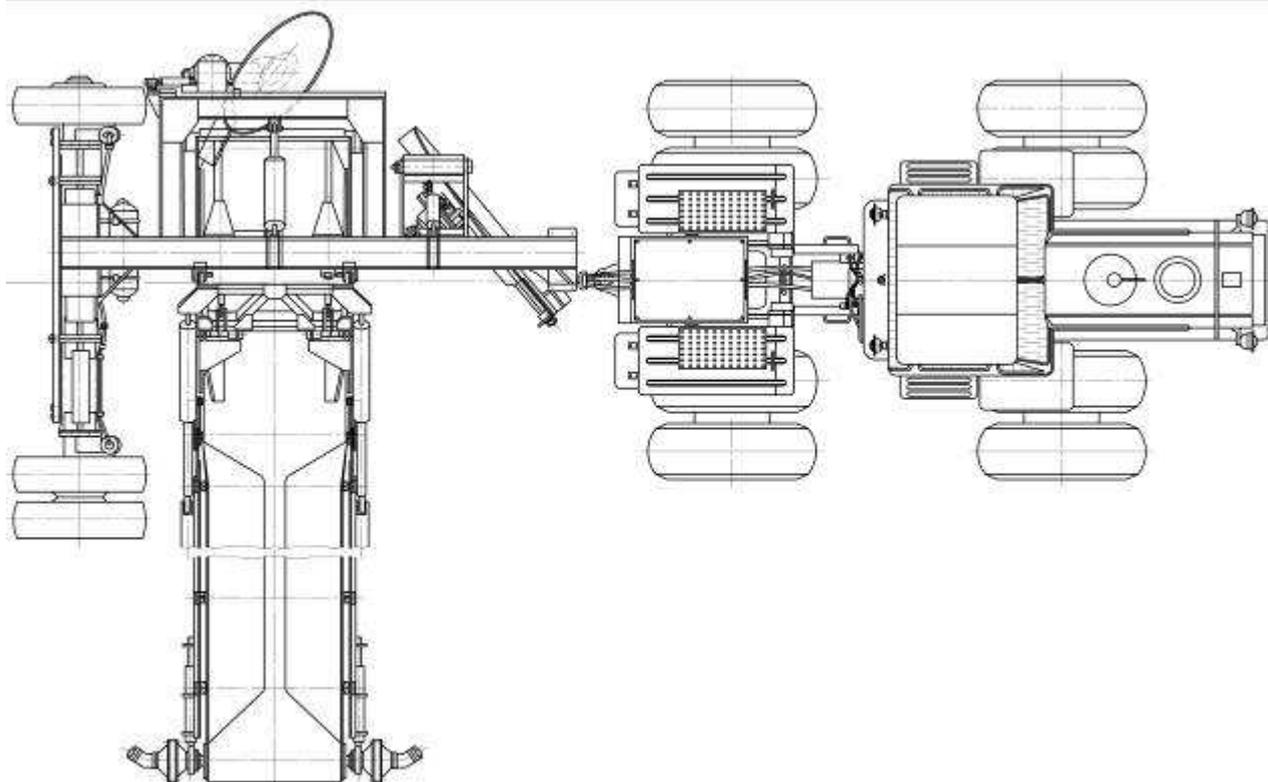
Рис. 4. Вспомогательный диск к пневматической шине:

1 – диск (планшайба);
2 – дополнительные грунтозацепы;
3 – четырехгранная головка штыря; 4 – заостренный конец штыря; 5 – отверстия в штыре;
6 – отверстия на вспомогательном диске 1;
7 – конструкционные отверстия на диске колеса автомобиля для крепления на нем вспомогательного диска;
8 – крышка вспомогательного диска 1; 9 – диск колеса;
10 – колесо автомобиля (покрышка).

На рис. 5 представлен общий вид полуприцепного грейдер-элеватора и тягача ОрТЗ-150К.



а)



б)

Рис. 5. Общий вид полуприцепного грейдер-элеватора и тягача ОрТЗ-150К:

а – вид слева, б – вид сверху,

1 – трактор ОрТЗ-150К, 2 – полуприцепной грейдер-элеватор

Крепление дополнительного колеса 2 (рис. 6) к основному 1 осуществляется стяжным болтом 5, который устанавливается в захвате 4. Сам захват устанавливается в кронштейны 3, которые прикручиваются к шпилькам ступицы через высокую гайку 9 и болт 10. Дополнительное колесо крепится через прижим 6 и проставочное кольцо 7 [6].

Данная замена тягача позволит при схожей производительности получить меньшую себестоимость разработки грунта за счёт меньших капитальных и текущих затрат на тягач.

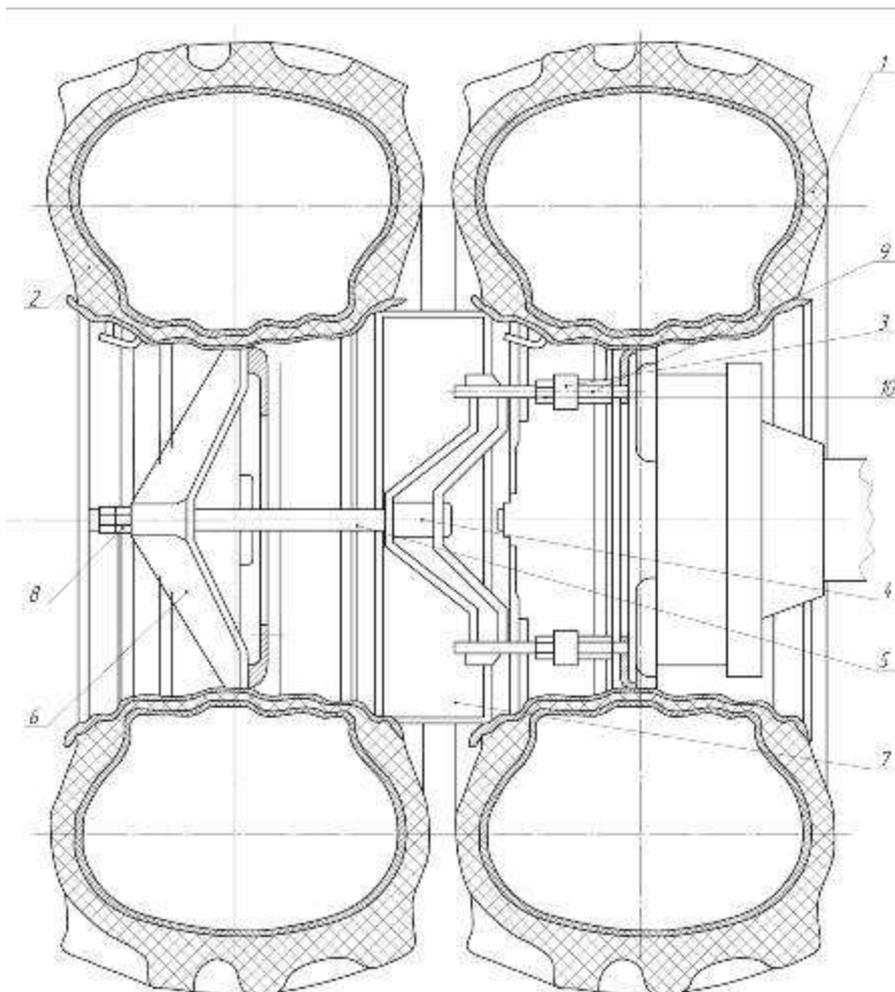


Рис. 6. Сдвоенные колёса трактора ОпТЗ-150К:

1 – внутреннее колесо; 2 – наружное колесо; 3 – кронштейн;
4 – захват; 5 – стяжной болт; 6 – прижим; 7 – проставочное кольцо; 8, 9 – гайки; 10 – болт

Библиографический список

1. Каталог тракторов и спецтехники ОпТЗ: электрон. версия URL: <http://ortz.ru> (дата обращения 19.04.2017).
2. Пат. 2458799 Российская Федерация, МПК В 60 В 15/26. Вспомогательное эллипсообразное колесо для повышения проходимости транспортного средства [Текст] / Фролов М.П.; заявитель и патентообладатель Фролов Михаил Петрович - № 2011101308/11; заявл. 17.01.11; опубл. 20.08.12, Бюл. № 23 (II ч.). – 6 с.
3. Пат. 2435676 Российская Федерация, МПК В 60 В 15/26, В 60 В 11/02. Переходное устройство для установки дополнительных колес на ступицы переднего моста полноприводного трактора типа "МТЗ" [Текст] / Щитов С.В., Кузнецов Е.Е.; заявитель и патентообладатель Федеральное Государственное Образовательное Учреждение Высшего Профессионального Образования Дальневосточный Государственный Аграрный Университет - № 2010141203/11; заявл. 07.10.10; опубл. 10.12.11, Бюл. № 34 (II ч.). – 4 с.
4. Пат. 2265526 Российская Федерация, МПК В 60 В 15/26, В 60 В 15/08. Колесный движитель [Текст] / Курочкин И.М., Челноков С.С.; заявитель и патентообладатель Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ) - № 2008119895/11; заявл. 23.06.03; опубл. 10.12.05, Бюл. № 32 (II ч.). – 6 с.

5. Пат. 2220052 Российская Федерация, МПК В 60 В 15/26. Вспомогательный диск для повышения проходимости транспортного средства [Текст] / Пичугин А.В.; заявитель и патентообладатель Пичугин А.В. - № 2002118096/20; заявл. 16.07.02; опубл. 27.12.03, Бюл. № 3 (II ч.). – 6 с.

6. Андрианов А.В. Повышение технико-экономических показателей колёсного трактора совершенствованием движителя при выполнении весенних полевых работ (на примере ХТЗ-150К-09): дис ... канд. техн. наук. – Челябинск: ЧГАА, 2015 – 176 с.

References

1. Directory of tractors and machinery Arts: electron. version URL: <http://ortz.ru> (accessed 19.04.2017).

2. Pat. 2458799 Russian Federation, IPC B 60 B 15/26. Auxiliary ellipsoidal wheel for increasing the permeability of vehicles [Text] / M. P. Frolov; applicant and patentee Frolov, Mikhail Petrovich - № 2011101308/11; Appl. 17.01.11; publ. 20.08.12, bull. № 23 (II). – 6 S.

3. Pat. 2435676 Russian Federation, IPC B 60 B 15/26, B 60 B 11/02. Transferring unit for extra wheel hub front axle four-wheel tractor type "MTW" [Text] / S. V. Shields, Kuznetsov, E. E.; applicant and patentee of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education far Eastern State Agrarian University - № 2010141203/11; Appl. 07.10.10; publ. 10.12.11, bull. № 34 (II). – 4 S.

4. Pat. 2265526 Russian Federation, IPC B 60 B 15/26, B 60 B 15/08. Paddle wheels [Text] / Kurochkin, I. M., Hook, S. S.; applicant and patentee of the Tambov state technical University (TSTU), № 2008119895/11; Appl. 23.06.03; publ. 10.12.05, bull. № 32 (II). – 6 S.

5. Pat. 2220052 Russian Federation, IPC B 60 B 15/26. The sub dial for increasing the permeability of vehicles [Text] / E. A. V.; applicant and patentee Pichugin A. V. - № 2002118096/20; Appl. 16.07.02; publ. 27.12.03, bull. № 3 (II). – 6 S.

6. Andrianov A.V. improving the technical and economic performance wheeled tractor to improve propulsion when you run the spring field work (for example, HTZ-150K-09): dis ... candidate. tech. Sciences. – Chelyabinsk: CSAA, 2015 – 176 S.

*Воронежский государственный
технический университет
студент группы 541 дорожно транспорт-
ного факультета
Карташов В.Н.
Россия, г. Воронеж, тел. +79003078187
e-mail: valeriykartashov@yandex.ru
Фролов В.Н.
Россия, г. Воронеж, тел. +79155848556
e-mail: frolov.v1995@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
students of 541 group Road and Transport fa-
culty
V.N. Kartashov
Russia, Voronezh, tel. +79003078187
e-mail: valeriykartashov@yandex.ru
V.N. Frolov
Russia, Voronezh, tel. +79155848556
e-mail: frolov.v1995@yandex.ru*

В.Н. Карташов, В.Н. Фролов

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

Описывается разработанное тарировочное устройство, основанное на методе электротензометрии, который в настоящее время широко применяется при испытаниях землеройно-транспортных машин.

Ключевые слова: метод электротензометрии, тарировочное устройство.

V.N. Kartashov, V.N. Frolov

DEVICE FOR DETERMINING THE CHARACTERISTICS OF STRAIN GAGES

There is a description of the calibration device based on lectrotensometrical method, that nowadays widely used in tests of using earth-moving vehicles.

Keywords: electrotensometrical method, calibration device.

Тензорезистор (от лат. *tensus* – напряжённый и лат. *resisto*- сопротивляюсь) – резистор (пассивный элемент электрических цепей, обладающий определённым или переменным значением электрического сопротивления, предназначенный для линейного преобразования силы тока в напряжение и напряжения в силу тока), сопротивление которого изменяется в зависимости от его деформации. Тензорезисторы используются в тензометрии (совокупность экспериментальных методов определения механического напряжения детали, конструкции). С помощью тензорезисторов можно измерять деформации механически связанных с ними элементов. Тензорезистор является основной составной частью тензодатчиков, применяющихся для косвенного измерения силы, давления, веса, механических напряжений, крутящих моментов [1].

Обычно современные тензорезисторы представляют собой чувствительный элемент в виде зигзагообразного проводника, нанесенного на гибкую подложку. Тензорезистор приклеивается подложкой на поверхность исследуемого на деформации объекта. Проводники тензорезисторов обычно изготавливаются из тонкой металлической проволоки, фольги, или напыляются в вакууме для получения плёнки полупроводника или металла. В качестве подложки обычно используют ткань, бумагу, полимерную слюду. Для присоединения чувствительного элемента в электрическую цепь тензорезистор имеет выводные проволочные концы или контактные площадки.

При растяжении проводящих элементов тензорезистора увеличивается их длина и уменьшается поперечное сечение, что увеличивает сопротивление тензорезистора, при сжатии — уменьшается. Действие тензорезисторов основано на использовании эффекта изменения омического сопротивления датчика при изменении удельного сопротивления и геометрических размеров его чувствительного элемента. Изменение омического сопротивления тензорезистора соответствует деформации в точке поверхности детали, на которую наклеен тензодатчик.

Метод электротензометрии в настоящее время широко применяется для исследования напряжено-деформированного состояния конструкций, а также для измерений силовых и кинематических параметров машин [1, 2].

При испытаниях землеройно-транспортных машин обязательным является измерение их тяговых усилий для построения тяговой характеристики и измерения тягового сопротивления рабочего оборудования. Измерение крутящих моментов на валах трансмиссий, полуосях ведущих колес, вала отбора мощности необходимо при определении баланса мощности машины, её тягового КПД, КПД трансмиссий и других механизмов, при измерении нагрузок на механизмы, сопротивления перекачиванию, при испытаниях с отбором мощности, испытаниях систем автоматического управления гидропередачами и при других работах [3, 4].

Для калибровки тензорезисторов используют специальные тарировочные балки, работающие либо на растяжение, либо на изгиб. Для реализации необходимой величины деформации растяжением необходимы большие усилия, чем для изгиба, поэтому его применяют значительно реже. Изгиб балки можно получить при ее закреплении консольно, либо шарнирно на двух опорах. При консольном закреплении балки и шарнирном на двух опорах с приложением сосредоточенной нагрузки в пролете между опорами величина изгибающего момента будет переменной, и зависеть от места наклейки датчиков и точки приложения нагрузки. Это потребует обеспечения точности наклейки тензодатчиков места приложения нагрузки.

Этих недостатков лишена схема нагружения балки на двух шарнирных опорах двумя сосредоточенными нагрузками, действующими в пролете между опорами. При таком нагружении между точками приложения сосредоточенных сил балка подвергается чистому изгибу, который вызывает постоянную величину деформации рабочего участка (рис. 1). Также можно заметить, что необходимая величина деформации достигается при действии небольшого изгибающего момента, то позволяет использовать в устройстве балки небольшой длины.

Разработанное для реализации такой схемы нагружения устройство (рис. 2) состоит из: нижней опоры 1, верхней рамы 2 с закрепленным на ней индикатором часового типа 3, тарировочной балки 4, с наклеенными на нее тензодатчиками.

Изменение сопротивления тензорезисторов, вызываемое деформацией тарировочной балки в пределах зоны упругости, обычно составляет около десятых долей Ома. Измерения очень малые изменения сопротивления с высокой точностью эффективно производится с помощью мостовых схем. Они позволяют вычитать или складывать напряжения датчиков, включенных в мост, исключать помеховые напряжения, компенсировать напряжения, вызывающие дополнительные погрешности (например, температурные), а также повышать чувствительность всей измерительной цепи.

При измерении механических напряжений на исследуемую деталь наклеивают обычно два тензорезистора разного типа, которые включаются измерительную в цепь по мостовой схеме. Это объясняется необходимостью увеличения чувствительности измерительного преобразователя и температурной стабилизации параметров цепи. Наклейка двух тензорезисторов параллельно оси действия измеряемого напряжения вдвое повышается чувствительность измерительной цепи, а температурное изменение сопротивления тензорезистора одного компенсируется противоположным изменением сопротивления тензорезистора другого типа.

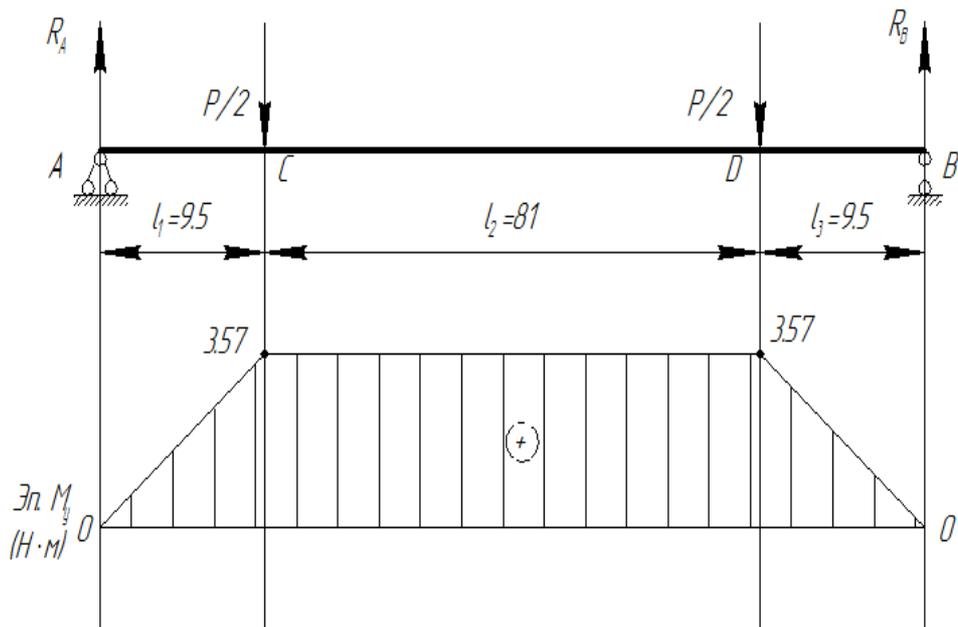


Рис. 1. Схема нагружения тарировочной балки и эпюра изгибающего момента

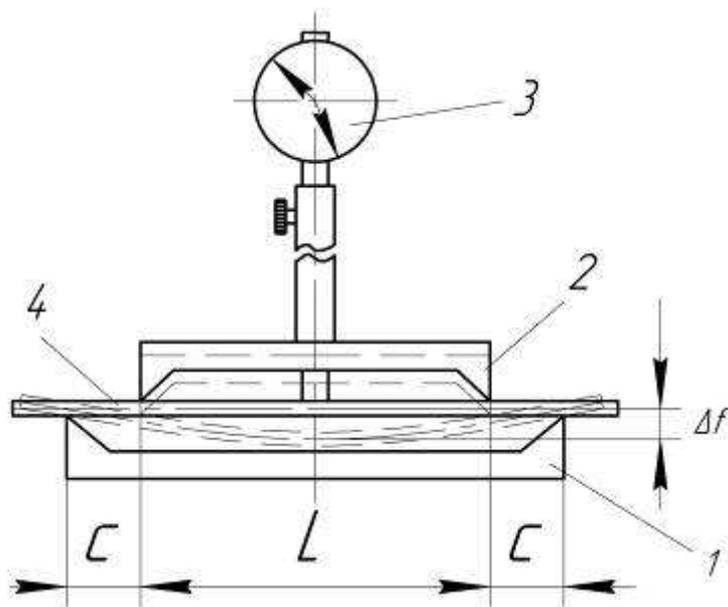


Рис. 2. Схема тарировочного устройства

Поэтому для тарировочного устройства было разработано измерительное устройство включающее резисторы, потенциометр для установки нуля, источник питания, выключатель, выводы для мультиметра. Его общий вид представлен на рисунке 3.

Выводы

1. Разработанное устройство позволяет наглядно продемонстрировать принцип работы метода электротензометрии без больших усилий и при малых габаритах.
2. Данное устройство может использоваться для проверки тензорезисторов и проведения лабораторных работ с целью обучения студентов.

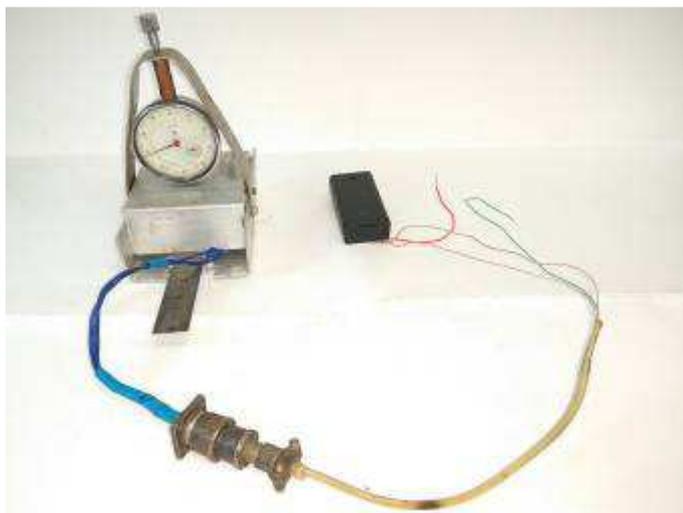


Рис. 3. Общий вид устройства

Библиографический список

1. Литвак В.Н. Тензореле. Расчет, конструирование, применение. - М.: Машиностроение, 1989.-160 с.
2. Комплект аппаратуры для измерения и регистрации виброакустических параметров строительных и дорожных машин. Жулай В.А., Устинов Ю.Ф., Енин В.И., Тепляков И.М. Строительные и дорожные машины. 2002г. №10.С. 44-45 с.
3. Режимы работы регулируемой гидрообъемной передачи в тяговом приводе автогрейдера. Жулай В.А., Енин В.И., Серов А.А. Механизация строительства. 2008. № 7. С. 15-16.
4. Обоснование режимов виброакустического диагностирования зубчатых передач строительных и дорожных машин. Жулай В.А., Авдеев В.П. Научный журнал строительства и архитектуры. 2010. № 4. С. 171-176.

References

1. Litvak V.N. Tenzorele. Calculation, design, application. - M .:Mechanical Engineering, 1989.-160 sec.
2. A set of instruments for measuring vibroacoustic parameters of construction and road machines. Zhulai V.A., Ustinov U.F., Enin V.I., Teplyakov I.M. Construction and road machines. 2002, №10.44-45 sec.
3. Modes of operation of the adjustable hydrostatic transmission in the traction drive of the motor grader. Zhulai V.A., Enin V.I., Serov A.A. Mechanization of construction. 2008. № 7.15-16sec.
4. Substantiation of modes of vibroacoustic diagnosis of gears of construction and road machines. Zhulai V.A., Avdeev V.P. Scientific journal of construction and architecture. 2010. № 4. 171-176 sec.

УДК 621.436

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент. кафедры
строительной техники и инженерной
механики Н.П. Куприн,
канд. техн. наук, доцент. кафедры
строительной техники и инженерной
механики А.Н. Щиенко,
студенты В. Ю. Землянухина, А.А. Предущенко,
А.В. Соврасова, А.Н. Шкурина
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 277-16-44
e-mail: kuprin_nikolaj@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and
engineering mechanics N.P Kuprin,
Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and
engineering mechanics A.N. Shchiyenko,
Students V.Yu. Zemlyanukhina, A.A. Predushchenko,
A.V. Sovrasova, A.N. Shkurina
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 277-16-44
e-mail: kuprin_nikolaj@mail.ru*

Н.П. Куприн, А.Н. Щиенко, В.Ю. Землянухина,
А.А. Предущенко, А.В. Соврасова, А.Н. Шкурина

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Экономическое обоснование и определение границ оптимального использования землеройно-транспортных машин при строительстве автомобильных дорог.

Ключевые слова: расчет стоимости машиносмены, эксплуатационной производительности и стоимости разработки единицы объема работ. Методические рекомендации.

N.P Kuprin, A.N. Shchiyenko, V.Yu. Zemlyanukhina,
A.A. Predushchenko, A.V. Sovrasova, A.N. Shkurina

ECONOMIC SUBSTANTIATION OF APPLICATION OF MACHINES UNDER CONSTRUCTION OF AUTOMOBILE ROADS

Economic feasibility and definition of the boundaries of the optimal use of earth-moving machinery in the construction of highways.

Keywords: calculation of the cost of the machine-man, the operational productivity and the cost of developing a unit of volume of work. Guidelines.

Обладая современной информацией о стоимости одного машино-часа работы транспортного средства, строительная компания имеет возможность выгодно выбрать поставщика, предоставляющего услуги по аренде машин и механизмов для производства работ. Используя утвержденные распоряжением Минтранса России № ОС-338-р от 14.04.2003г. «Методические рекомендации по проектированию технически обоснованных норм времени на механизированные строительные и ремонтно-строительные работы расчетно-аналитическим методом в дорожном хозяйстве» [1] и утвержденные постановлением Госстроя России от 17.12.99 г. № 81, «Методические указания по разработке сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных

средств (МДС 81-3.99)» [2] можно экономически проанализировать и обосновать правильный выбор землеройно-транспортных машин (ЗТМ) и установить область рационального применения данных машин при перемещении грунта на разные расстояния [3].

При производстве земляного полотна выполняется значительная часть объема работ. Для этого вида работ применяются различные ЗТМ в зависимости от дальности перемещения грунта (бульдозер, скрепер прицепной с гусеничным трактором, скрепер прицепной с колесным трактором, самоходный скрепер и комплект машин экскаватор-самосвал). Выбранные машины сопоставимы по основным техническим параметрам. Дальность перемещения грунта назначаем в соответствии с рекомендациями [4] для выбранных машин.

1. При дальности перемещения грунта на расстояние от 5 до 100 метров применяем бульдозер на гусеничном ходу Б10М2, мощностью 132 кВт, (180 л.с.), (температурная зона - III, европейская часть страны, I-й территориальный район, средний режим работы). Основные технические характеристики бульдозера Б10М2 приведены в табл.1.



Рис. 1. Бульдозер Б10М2

Таблица 1

Основные технические характеристики бульдозера Б10М2

№ п/п	Технические показатели	Значения
1.	Модель двигателя	Д-180
2.	Мощность двигателя, кВт (л.с.)	132 (180)
3.	Расчётная частота вращения, об/мин	1250
4.	Максимальная скорость, км/ч	10,99
5.	Размеры отвала, длина L, м	3310
6.	Высота отвала, м	1040
7.	Скорость движения на 1-й передаче (вперед), км/час.	0...3,17
8.	Скорость движения на 1-й передаче (назад), км/час	0...3,93
9.	Скорость движения на 2-й передаче (вперед), км/час	0...5,62
10.	Скорость движения на 2-й передаче (назад), км/час	0...6,98
11.	Скорость движения на 3-й передаче (вперед), км/час	0...8,86
12.	Скорость движения на 3-й передаче (назад), км/час	0..10,99

Результаты расчетов по выше предложенным методикам представлены в табл.2.

Таблица 2

Результаты расчетов

Дальность перемещения грунта l , м	5	20	40	60	80	100
Длина отвала L , м	3,310	3,310	3,310	3,310	3,310	3,310
Высота отвал (h^2), м	1.040	1.040	1.040	1.040	1.040	1.040
Коэффициент, учитывающий потери грунта при перемещении $K_{п}$	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
Коэффициент, учитывающий влияние уклона местности $K_{укл.}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Коэффициент разрыхления грунта $K_{р}$ (для III гр).	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Угол естественного откоса, $\text{tg } \hat{f}$	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Длина пути копания $l_{к}$, м	5	5	5	5	5	5
Скорость трактора при копании $V_{к}$, м/сек	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Длина участка пути перемещения грунта $l_{п}$, м	0	15	35	55	75	95
Скорость трактора при перемещении грунта $V_{п}$, м/сек.	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46
Расстояние холостого хода $l_{о}$, м	0	20	40	60	80	100
Скорость холостого хода $V_{о}$, м/сек	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05
Время на опускание и подъем отвала $t_{о}$, сек.	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Время на переключение передач $t_{п}$, сек	10	10	10	10	10	10
Время на поворот трактора $2t_{пов}$, сек	30	30	30	30	30	30
Продолжительность рабочего цикла $t_{ц}$, сек	49,68	62,33	77,01	91,71	106,4	121,09
Часовая эксплуатационная производительность $P_{э}$, м ³ /час	95,02	68,17	49,05	36,03	26,62	19,50
Стоимость машино-часа работы бульдозера $S_{маш}$, руб/маш-ч	1842,28 (1959,35)					
Стоимость единицы произведенной продукции C , руб/ м ³	19,39	27,02	37,56	51,13	69,21	94,48

2. При дальности перемещения грунта на расстояние от 50 до 500 метров применяем скрепер прицепной к гусеничному трактору Б10М. (Условия и режим работы те же).



Рис. 2. Скрепер прицепной ДЗ -172.1

Техническая характеристика скрепера ДЗ -172.1 приведена в табл. 3

Таблица 3

Техническая характеристика скрепера ДЗ -172.1

№ п\п	Наименование технических показателей	Показатели
1.	Вместимость ковша, м ³	8, 8
2.	Ширина резания, мм	2750
3.	Высота, мм	3 330
4.	Масса без трактора, кг	9 700
5.	Цена скрепера, руб	530 000
6.	Трактор Б10М модель двигателя	Д-108
7.	Мощность двигателя, кВт (л.с.)	132 (180)
8.	Скорость скрепера на 1-й передаче вперед/назад, км/час	3,61/4,48
9.	Скорость скрепера на 2-й передаче вперед/назад, км/час	6,40/7,94
10.	Скорость скрепера на 3-й передаче вперед/назад, км/час	10,09/12,51
11.	Цена трактора Б10М, руб.	3 260000
12.	Цена скрепера, руб.	530000

Результаты расчетов по выше предложенным методикам представлены в табл. 4

Результаты расчетов

Дальность перемещения грунта, м	50	100	200	300	400	500
Геометрическая емкость ковша, м ³	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
Коэффициент наполнения ковша для III категории грунта	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Коэффициент разрыхления грунта для III категории грунта.	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Длина пути копания, м.	20	20	20	20	20	20
Длина пути транспортирования, м.	30	80	180	280	380	480
Длина пути разгрузки, м.	20	20	20	20	20	20
Длина пути порожнего скрепера, м.	30	80	180	280	380	480
Скорость копания грунта, м/сек	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Скорость транспортирования, м/сек	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
Скорость разгрузки, м/сек	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
Скорость холостого хода, м/сек	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Время на переключение передач, сек.	10	10	10	10	10	10
Время на поворот, сек.	15	15	15	15	15	15
Время цикла, сек	83,7	129,6	221,6	313,5	405,4	497,3
Часовая эксплуатационная производительность, м ³ /час	232,88	150,40	88,00	62,16	48,08	39,20
Стоимость машино-часа скрепера, руб/маш-ч	2078,25 (1959,36)					
Стоимость единицы произведенной продукции, руб/ м ³	8,94	13,82	23,62	33,43	43,22	53,02

3. При дальности перемещения грунта на расстояние от 500 до 1000 метров применяем скрепер прицепной к колесному трактору К-744Р1 Стандарт (Условия и режим работы те же).



Рис. 3. Скрепера ДЗ-74 (ДЗ -172.1)

Техническая характеристика скрепера ДЗ-74 (ДЗ -172.1) приведена в табл. 5

Таблица 5

Техническая характеристика скрепера ДЗ-74 (ДЗ -172.1)

№ п/п	Наименование технических показателей	Показатели
1.	Вместимость ковша, м ³	8, 8
2.	Ширина резания, мм	2750
3.	Высота, мм	3 330
4.	Масса без трактора, кг	9 700
5.	Цена скрепера, руб	530 000
6.	Трактор колесный К-744Р1 Стандарт модель двигателя	ЯМЗ-238НД5
7.	Мощность двигателя, кВт (л.с.)	220,6/300
8.	Цена трактора К-744Р1 Стандарт руб.	5 940000
9.	Цена скрепера, руб.	530000
10.	Объем масляного бака, л	125
11.	Трансмиссия механическая, с переключением передач без разрыва потока мощности в пределах одного режима, механическое переключение режимов.	16 скоростей вперед и 8 назад
12.	Скорость наполнения грунтом ковша (1-я передача, 1-й режим), км/час	3,6
13.	Скорость транспортировки грунта (3-я передача, 4- режим), км/час	13,8
14.	Скорость разгрузки грунта (2-я скорость, 3-й режим), км/час	10,6
15.	Скорость порожнего хода (4-я передача, 4-й режим), км/час	28,8
16.	Часовой расход топлива при Ne=300 л.с., л/час	56,6

Результаты расчетов по выше предложенным методикам представлены в табл. 6

Таблица 6

Результаты расчетов

Дальность перемещения грунта, м	500	600	700	800	900	1000
Геометрическая емкость ковша, м ³	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
Коэффициент наполнения ковша для III категории грунта.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Коэффициент разрыхления грунта для III категории грунта	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Длина пути копания, м.	20	20	20	20	20	20
Длина пути транспортирования, м.	480	580	680	780	880	980
Длина пути разгрузки, м.	20	20	20	20	20	20
Длина пути порожнего скрепера, м.	480	580	680	780	880	980
Скорость копания грунта, м/сек	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Скорость транспортирования, м/сек	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83
Скорость разгрузки, м/сек	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
Скорость холостого хода, м/сек	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Время на переключение передач, сек.	10	10	10	10	10	10
Время на поворот, сек.	15	15	15	15	15	15
Время цикла, сек	237,1	275,7	314,3	353,0	391,6	430,2
Часовая эксплуатационная производительность, м ³ /час	82,24	70,71	62,02	55,22	49,78	45,32
Стоимость машино-часа скрепера, руб/маш-ч	4179,52		(3462,00)			
Стоимость единицы произведенной продукции, руб/м ³	50,82	59,11	67,39	75,69	83,96	92,22

4. При дальности перемещения грунта на расстояние от 500 до 5000 метров применяем самоходный скрепер МоАЗ-60148. (Условия и режим работы те же)



Рис. 4. Самоходный скрепер МоАЗ-60148

Техническая характеристика скрепера МоАЗ-60148 приведена в табл. 7

Таблица 7

Техническая характеристика скрепера МоАЗ-60148

№ п\п	Наименование технических показателей	Показатели
1.	Вместимость ковша номинальная с «шапкой», м ³	11,5
2.	Вместимость ковша геометрическая, м ³	8,3
3.	Глубина резания, мм, не менее	300
4.	Ширина резания, мм, не менее	2820
5.	Масса скрепера полная, кг	36000
6.	Цена скрепера, руб	7650000
7.	Модель двигателя	ЯМЗ-238АМ2
8.	Мощность двигателя, кВт / (л.с.)	165/225
9.	Объем масляного бака, л	125
10.	Скорость наполнения грунтом ковша (1-я передача), км/час	5,5
11.	Скорость транспортировки грунта, км/час	34,0
12.	Скорость разгрузки грунта, км/час	10,6
13.	Скорость порожнего хода, км/час	44,0
14.	Часовой расход топлива при Ne=225 л.с., л/час	56,6

Результаты расчетов по выше предложенным методикам представлены в табл. 8

Результаты расчетов

Дальность перемещения грунта - l , м	500	1000	2000	3000	4000	5000
Геометрическая емкость ковша, м ³	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
Коэффициент наполнения ковша, для III категории грунта	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Коэффициент разрыхления грунта, для III категории грунта	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Длина пути копания, м.	20	20	20	20	20	20
Длина пути транспортирования, м.	480	980	1980	2980	3980	4980
Длина пути разгрузки, м.	20	20	20	20	20	20
Длина пути порожнего скрепера, м.	480	980	1980	2980	3980	4980
Скорость копания грунта, м/сек	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
Скорость транспортирования, м/сек	9,44	9,44	9,44	9,44	9,44	9,44
Скорость разгрузки, м/сек	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94	2,94
Скорость холостого хода, м/сек	12,22	12,22	12,22	12,22	12,22	12,22
Время на переключение передач, сек.	10	10	10	10	10	10
Время на поворот, сек.	15	15	15	15	15	15
Время цикла, сек	135,0	228,9	416,65	604,41	792,19	979,94
Часовая эксплуатационная производительность, м ³ /час	188,72	111,30	61,14	42,15	32,16	26,00
Стоимость машино-часа скрепера, руб/маш-ч	4392,14 ((3546,927))					
Стоимость единицы произведенной продукции, руб/ м ³	23,27	39,46	71,84	104,20	136,57	168,93

5. При дальности перемещения грунта на расстояние от 5000 до 10000 метров применяем разработку грунта экскаватором Ковровец ЭО-4225А-07 с транспортировкой автосамосвалами КамАЗ – 65115. (Условия и режим работы те же)



Рис. 5. Экскаватор Ковровец ЭО-4225А-07 с автомобилями-самосвалами

Техническая характеристика экскаватора Ковровец ЭО-4225А-07 приведена в табл.9

Таблица 9

Техническая характеристика экскаватора Ковровец ЭО-4225А-07

№ п\п	Наименование технических показателей	Показатели
1.	Вместимость ковша, м ³	0,4-1,42
2.	Эксплуатационный вес экскаватора, кг.	26450
3.	Модель двигателя	ЯМЗ-238ГМ2
4.	Мощность двигателя, кВт / (л.с.)	125/170
5.	Скорость передвижения низкая, км/час	1,7
6.	Скорость передвижения высокая, км/час	4,2
7.	Цена экскаватора, руб	7700000
8.	Количество оборотов платформы за минуту	9,1.
9.	Минимальный удельный расход топлива г/кВт.час / г./л.с..ч.	227/167
10.	При наличии рукояти длиной 2900 / 4360 мм; высота отгрузки высота выкапывания глубина выкапывания радиус выкапывания	5150 / 5400 7700 / 7000 6000 / 7300 9300 / 10300
11.	Объем масляного бака, л	240

Техническая характеристика автомобиля – самосвала КамАЗ-65115 приведена в табл.10

Таблица 10

Техническая характеристика автомобиля – самосвала КамАЗ-65115

№ п\п	Наименование технических показателей	Показатели
1.	Вместимость кузова, м ³	10
2.	Грузоподъемность, кг.	15000
3.	Полная масса автомобиля, кг	24450
4.	Модель двигателя	КамАЗ-140.11-240
5.	Мощность двигателя, кВт / (л.с.)	176/240
6.	Расход топлива на 100 км в летний период, л	26,1
7.	Скорость передвижения по грунтовым дорогам, км/час	30
8.	Скорость по дорогам с твердым покрытием, км/час	45

Результаты расчетов сведены в табл. 11

Таблица 11

Результаты расчетов

Дальность перемещения грунта, м	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Часовая эксплуатационная производительность экскаватора, м ³ /час	132	132	132	132	132	132
Стоимость машино-часа работы экскаватора, руб/маш-ч	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Стоимость единицы произведенной продукции экскаватором, руб/ м ³	15,16					
Часовая эксплуатационная производительность автомобиля – самосвала КамАЗ-65115, м ³ /час	9,69	8,95	8,32	7,80	7,29	6,85

Окончание табл. 11

Количество автосамосвалов, обеспечивающих производительность работы экскаватора (расчетная / фактическая), шт.	13,6 / 14	14,7 / 15	15,8 / 16	16,9 / 17	18,1 / 18	19,3 / 19
Стоимость машино-часа работы одного самосвала, руб/маш-ч	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Стоимость машино-часа работы самосвалов, руб/маш-ч	16800	18000	19200	20400	21600	22800
Стоимость единицы произведенной продукции самосвалами, руб/ м ³	127,27	136,36	145,45	154,55	163,64	172,73
Стоимость единицы произведенной продукции комплектом, руб/ м ³	142,43	151,52	160,61	169,71	178,80	187,89

Анализируя полученные результаты расчетов стоимости машино-часа, эксплуатационной производительности и стоимости разработки кубического метра грунта при разной дальности его транспортировки, можно сделать следующие выводы:

1. Сметные цены на 1 маш.-час эксплуатации строительных машин, которые разработаны прямым счетом в соответствии с Методическими указаниями МДС 81-3.99 **сомнительны.**

2. При определении размера амортизационных отчислений, затрат на ремонт и техническое обслуживание машин следует исходить из фактического состояния машин – **(новая или бывшая в употреблении)**. Естественно, что при расчете планово-расчетных цен на машину, бывшую в употреблении, размер амортизационных отчислений будет намного меньше, чем для новых машин, однако намного выше будут затраты на ремонт и техническое обслуживание, замену быстро-изнашиваемых частей, смазочных материалов и гидравлическую жидкость, где следует принимать их фактический расход, а не нормативный, установленный для новой машины.

3. Также для машин, бывших в употреблении следует устанавливать на основе фактических данных (а не нормативов) **годовой режим работы**, поскольку фактический годовой режим работы новой машины и машины, бывшей в употреблении резко отличаются. (В принятых методических указаниях для скреперов годовой режим работы рекомендован 1500 и 2080 часов. В таблицах стоимость машино-часа посчитана соответственно данным значениям).

4. Сметные цены на 1 маш.-час эксплуатации строительных машин, которые получены в соответствии с Методическими указаниями МДС 81-3.99 **представляются завышенными.** Получается, что владелец бульдозера за 2,5 года эксплуатации должен потратить на его ремонт сумму, равную стоимости этого бульдозера, то же и по всем машинам. Следовало бы вернуться к вопросу **изучения фактических затрат на ремонт строительных машин.**

5. Подводя итоги можно сказать, что Методические указания по разработке сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств МДС 81-3.99 не дают возможности определения сметной стоимости 1 маш.-часа эксплуатации строительных машин **с достаточной точностью.** Поэтому более правильной и дающей более точные показатели стоимости 1 маш.-часа эксплуатации строительных машин и автотранспортных средств может обеспечить Воронежский Региональный центр ценообразования и экономики в строительстве.

6. В 1990-е годы производство прицепных и самоходных скреперов на заводах России было необоснованно прекращено. С целью снижения затрат в 2-4 раза при перемещении грунта на расстояния от 50 до 4000 м. при строительстве автомобильных дорог **целесообразно применять скреперы.**

Библиографический список

1. Методические рекомендации № ОС-338-р от 14.04.2003г по проектированию технически обоснованных норм времени на механизированные строительные и ремонтно-строительные работы расчетно-аналитическим методом в дорожном хозяйстве (№ ОС-338-р).
2. Методические указания № 81 от 17.12.99 г. по разработке сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств (МДС 81-3.99).
3. О некоторых особенностях экономического обоснования применения машин в строительстве. /Н.П. Куприн. Научный вестник Воронежского ГАСУ. Высокие технологии. Экология, 2014, №1. с. 200-203
4. Комплексная механизация земляных работ./А.П. Дегтярев.А.К. Рейш, С.И. Руденский-2-е изд., перераб. и доп. – М.;Стройиздат, 1987, с. 335.

References

1. Metodicheskiye rekomendatsii № OS-338-r ot 14.04.2003g po proyektirovaniyu tekhnicheski obosnovannykh norm vremeni na mekhanizirovannyye stroitel'nyye i remontno-stroitel'nyye raboty raschetno-analiticheskim metodom v dorozhnom khozyaystve (№ OS-338-r).
2. Metodicheskiye ukazaniya № 81 ot 17.12.99 g. po razrabotke smetnykh norm i rastsenok na ekspluatatsiyu stroitel'nykh mashin i avtotransportnykh sredstv (MDS 81-3.99).
3. O nekotorykh osobennostyakh ekonomicheskogo obosnovaniya primeneniya mashin v stroitel'stve. /N.P. Kuprin. Nauchnyy vestnik Voronezhskogo GASU. Vysokiye tekhnologii. Ekologiya, 2014, №1. s. 200-203
4. Kompleksnaya mekhanizatsiya zemlyanykh rabot./A.P. Degtyarev.A.K. Reysh, S.I. Rudenskiy-2-ye izd., pererab. i dop. – M.;Stroyizdat, 1987, s. 335.

*Воронежский государственный
технический университет*

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной
техники и инженерной механики*

С.А. Никитин,

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной
техники и инженерной механики*

Н.М. Волков,

*Канд. техн. наук, доц. кафедры строительной
техники и инженерной механики*

А.А. Серов,

*Магистранты кафедры строительной
техники и инженерной механики*

А.В. Морозов,

Д.В. Ознобкин,

А.С. Прасолов

Россия, г. Воронеж, тел. +7(473)271-59-18

e-mail: niksal76@mail.ru

Voronezh State

Technical University

*Kand. Tehn. Sciencs, Associateprofessor of the
chair of building technique and mechanics en-
gineering S.A. Nikitin*

*Kand. Tehn. Sciencs, Associateprofessor of the
chair of building technique and mechanics en-
gineering N.M. Volkov,*

*Kand. Tehn. Sciencs, Associateprofessor of the
chair of building technique and mechanics en-
gineering A.A. Serov,*

*Undergraduate of the pulpit of the chair of
building technique and mechanics engineering*

A.V. Morozov,

D.V. Oznobkin,

A.S. Prasolov

Russia, Voronezh, tel. +7(473)271-59-18

e-mail: niksal76@mail.ru

С.А. Никитин, Н.М. Волков, А.А. Серов, А.В. Морозов, Д.В. Ознобкин, А.С. Прасолов

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗВУКОЗАЩИТЫ В КАБИНЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Рассматриваются вопросы оптимизации шумозащиты в кабинах техно-
логических машин.

Ключевые слова: уровень звуковой мощности, внешний шум, защита от шума.

S.A. Nikitin, N.M. Volkov, A.A. Serov, A.V. Morozov, D.V. Oznobkin, A.S. Prasolov

OPTIMIZATION OF SOUND PROTECTION IN THE CAB OF TECHNOLOGICAL MACHINES

The problems of optimization of noise protection in the cabins of technolo-
gical machines are considered.

Keywords: level of sound capacity, external noise, noise protection.

Опыт применения звукозащитного комплекса на транспортных, тяговых, строительных и дорожных машинах показывает, что разработка мероприятий по снижению шума на уже освоенных производством машинах – задача весьма сложная и дорогостоящая в силу ограничений, накладываемых компоновочными схемами и конструктивными решениями, при этом на звуковое поле кабины влияет множество факторов: силовая установка, рабочие органы; взаимодействие колес с рабочей поверхностью также может существенно определять уровень звука в кабине технологической машины [1,2,3,4,5,6]. В этой связи звукозащита оператора машины может быть осуществлена путем применения высокоэффективных звукопоглощающих сотовых конструкций, используемых в кабине в виде облицовочных панелей [7].

Вопросы, связанные с разработкой звукоизолирующих капотов и экранов, а также мероприятий по снижению звуковой вибрации, передаваемой через опорные связи источников и кабины входят в круг задач по снижению уровня звука в кабине и требуют дополнительных сложных специальных экспериментов большого объема.

При таких допущениях задача сводится к оптимизации звукопоглощающих конструкций, которые в виде облицовочных плиток внутри кабины образуют звукозащитные панели, рассчитанные на поглощение шума на характерных частотах. Другими словами, сколько площади в кабине должно отводиться под разные сотовые конструкции, эффективно поглощающие шум на каждой характерной частоте, чтобы общий шум в кабине был снижен на максимально возможное значение, а их стоимость не превышала заданного значения[8].

Задачи подобного типа относятся к классу задач оптимального назначения и при числе допустимых решений даже в несколько десятков могут быть решены полным перебором всех возможных вариантов. При числе допустимых решений, измеряемых тысячами и более, необходимо применять математическое моделирование.

Для составления математической модели задачи необходимо выполнить следующее:

Ввести критерий – в данном случае за критерий принимаем снижение общего шума в кабине ΔL_p , за счет поглощения звука на i -ой частоте в 1/3-октавной полосе в зависимости от площади сотовой конструкции;

Обозначить искомые величины как переменные – для каждой пары сочетания звукопоглощающего материала (ЗПМ) и занимаемой им площади принимаем x_{ij} , где j – номер занимаемой площади (столбцы); i – номер ЗПМ (строки);

Составить ограничения, т.е. зависимость между переменными. В этой связи на все искомые переменные x_{ij} накладываем принципиально важные ограничения: во-первых, все эти переменные в результате решения не могут принимать никаких других значений, кроме 1 и 0; во вторых принимаем, что

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я конструкция занимает } j\text{-ю площадь;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases} \quad (1)$$

На основании численных исследований на компьютере с использованием МКЭ составлена таблица, где критерием является уровень снижения шума в кабине – ΔL_p , который представлен в верхней части каждой клетки.

Чтобы составить ограничения, необходимо принять условие, что i -я сотовая конструкция одновременно может быть установлена либо на площади, обозначенной цифрой 1, либо 2 и т.д. Это условие можно записать так:

$$x_{11} + x_{12} + \dots + x_{110} = 1, \quad (2)$$

т.е. сумма всех переменных в таблице по первой строке равна единице. Аналогично для второй и последующих строк.

Соответственно для площади, обозначенной цифрой 1 (первый столбец), имеем

$$x_{11} + x_{21} + \dots + x_{101} = 1. \quad (3)$$

Аналогично для второго и последующих столбцов.

В рассматриваемой задаче о назначениях, где число сотовых конструкций $n=10$ и число возможных площадей, покрываемых сотовыми конструкциями также $n=10$, возможное число допустимых решений определяется по формуле

$$N = n! \quad (4)$$

В данном случае число вариантов допустимых решений $N=3628800$.

Для того, чтобы из возможных решений выбрать лучшее, необходимо установить, в каком смысле искомое решение должно быть оптимальным. Ранее было отмечено, что оптимальным вариантом будем считать тот, при котором поглощение общего шума в кабине будет наибольшим.

Таблица

Матрица исходных данных для оптимизации звукопоглощения в кабине

№ ЗПМ (i) 1/3-октавы, Гц	Площадь, занимаемая ЗПМ, м ² (j)									
	1 S _f =0,153	2 S _f =0,237	3 S _f =0,378	4 S _f =0,426	5 S _f =0,474	6 S _f =0,520	7 S _f =0,568	8 S _f =0,615	9 S _f =0,662	10 S _f =0,710
1 160	$\Delta L_{P11}=0,40$ $c_{11}=1,76$ x_{11}	0,60 2,73	0,90 4,35	1,60 4,90	2,30 5,45 x_{15}	2,40 6,00	2,40 6,53	2,60 7,07	2,80 7,61	3,00 8,17 x_{110}
2 200	0,50 1,76	0,70 2,73	1,00 4,91	1,50 5,54	2,00 6,16	2,25 6,76	2,50 7,38	2,70 8,00	3,00 8,61	3,50 9,23
3 250	0,60 2,83	0,65 4,38	0,95 7,00	1,40 7,90	1,90 8,77	2,30 9,62	2,60 10,51	2,70 11,38	2,90 12,25	3,20 13,14
4 315	0,45 4,44	0,50 6,87	0,80 10,96	1,45 12,35	1,80 13,75	2,00 15,10	2,50 16,47	2,65 17,84	2,90 19,20	3,30 20,60
5 400	0,50 7,86 x_{51}	0,55 12,18	0,70 19,43	1,55 21,90	1,85 24,36 x_{55}	2,35 26,73	2,55 29,20	2,80 31,61	3,20 34,03	3,40 36,49 x_{510}
6 500	0,65 11,32	0,75 17,54	0,85 28,00	1,40 31,52	1,95 35,10	2,45 38,50	2,65 42,03	2,90 45,50	3,25 49,00	3,40 52,54
7 630	0,55 17,75	0,80 27,50	0,75 43,85	1,65 49,42	2,40 55,00	2,55 60,32	2,75 65,90	2,85 74,34	3,35 76,80	3,45 82,36
8 800	0,70 25,50	0,85 39,50	0,95 63,00	1,70 71,00	2,50 79,00	2,60 86,63	2,85 94,63	2,95 102,46	3,40 110,30	3,55 118,30
9 1000	0,50 52,02	1,00 80,60	1,50 128,50	2,00 144,84	2,50 161,16	2,75 176,80	3,00 193,12	3,50 209,10	3,75 225,08	4,00 241,40
10 4000	0,75 407,90 x_{101}	1,20 631,84	1,45 1007,75	1,80 1135,72	2,45 1263,65 x_{105}	2,80 1386,32	3,20 1514,29	3,55 1639,60	3,80 1764,90	3,95 1892,86 x_{1010}

Следовательно, целевая функция должна быть выражена следующей зависимостью

$$F = 0,4x_{11} + 0,6x_{12} + 0,9x_{13} + \dots + 0,75x_{101} + \dots + 3,95x_{1010} \rightarrow \max, \quad (5)$$

где коэффициенты перед переменными – оценки уровня снижения шума в кабине для каждой пары, взятые из таблицы.

Таким образом таблица является матрицей условий задачи о назначениях.

В общем случае математическая модель задачи о назначениях будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_l = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \Delta L_{Pij} x_{ij} \rightarrow \max \quad \text{а)} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = \overline{1, n} \quad \text{б)} \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = \overline{1, n} \\ S_{\text{зпм}} = \sum_{j=1}^n S_j \quad j = \overline{1, n} \quad \text{в)} \end{array} \right. \quad (6)$$

где i – номер сотового ЗПМ;

j – номер площади, занятой соответствующим сотовым ЗПМ;

$S_{\text{зпм}}$ – площадь кабины для установки звукопоглощающего материала;

S_j – площадь, занимаемая отдельным ЗПМ.

Величина ΔL_{Pij} принимается из матрицы условий задачи (табл. 6.1); условие (а) означает, что каждая i -я конструкция ЗПМ может занимать только одну j -ю площадь; условие (б) означает, что каждая j -я площадь может быть использована только под одну i -ю конструкцию ЗПМ; выражение (в) – граничное условие, определяющее предельное конкретное значение суммарной площади панелей кабины, которая может быть облицована различными по конструкции звукопоглощающими материалами; F_l – целевая функция, определяет максимальное значение технического параметра (максимальное значение снижения уровня звукового давления в кабине за счет применения сотовых звукопоглощающих конструкций).

Используя типовые программы для задач о назначениях, получим решения задачи, которые представлены уравнениями:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) \quad 2,3x_{15} + 1,0x_{23} + 0,65x_{32} + 0,45x_{41} + 1,55x_{54} + 2,45x_{65} + \\ \quad + 2,75x_{77} + 3,55x_{810} + 3,5x_{98} + 3,8x_{109} \Rightarrow 22 \text{ дБА}; \\ 2) \quad 2,3x_{15} + 1,0x_{23} + 0,6x_{31} + 0,5x_{42} + 1,55x_{54} + 2,55x_{76} + \\ \quad + 2,9x_{68} + 2,85x_{87} + 3,75x_{99} + 3,95x_{1010} \Rightarrow 22 \text{ дБА}; \\ 3) \quad 1,6x_{14} + 2,0x_{25} + 0,95x_{33} + 0,45x_{41} + 0,55x_{52} + 2,45x_{66} + \\ \quad + 2,75x_{77} + 2,95x_{88} + 4,0x_{910} + 3,8x_{109} \Rightarrow 22 \text{ дБА}. \end{array} \right. \quad (7)$$

Таким образом, общий шум в кабине будет снижен на 22 дБА, если будет принят какой-либо вариант из трех возможных.

Данные уравнения получены с учетом погрешности вычисления $\pm 0,05$ дБА. Если допустить разброс максимальных значений с погрешностью $\pm 0,1$ дБА, то число полученных уравнений может достичь нескольких десятков и даже сотен.

Однозначно задача технико-экономической оптимизации может быть решена на втором этапе при введении новой целевой функции и новых граничных условий. В общем виде в этом случае математическая модель представляется следующими выражениями

$$\left\{ \begin{array}{l} F_2 = C \rightarrow \min \\ S_{ЗПМ} = \sum_{j=1}^n S_j \quad j = \overline{1, n}. \\ F_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \Delta L_{Pij} x_{ij} = F_{1max} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{а)} \\ \\ \text{б)} \end{array} \quad (8)$$

где F_2 – новая целевая функция, определяющая наименьшее значение стоимости облицовки кабины ЗПМ;
 Выражение (а) – ограничение;
 F_1 – технический параметр, представляющий собой граничное условие. В данном случае $F_{1max}=22$ дБА – выражение (б).

Задав стоимость сотовых конструкций с различными размерами стороны ячейки, введем значения стоимости в матрицу исходных данных (в таблице - средняя строка каждой клетки) – c_{ij} . Тогда выражения (7) через стоимость ЗПМ будут иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) \quad 5,45x_{15} + 4,91x_{23} + 4,38x_{32} + 4,44x_{41} + 21,90x_{54} + 35,10x_{65} + \\ \quad + 65,90x_{77} + 118,30x_{810} + 209,10x_{98} + 1764,90x_{109} \Rightarrow 2234,38; \\ 2) \quad 5,45x_{15} + 4,91x_{23} + 2,83x_{31} + 6,87x_{42} + 21,90x_{54} + 60,32x_{76} + \\ \quad + 45,5x_{68} + 94,63x_{87} + 225,08x_{99} + 1892,86x_{1010} \Rightarrow 2360,35; \\ 3) \quad 4,90x_{14} + 6,16x_{25} + 7,00x_{33} + 4,44x_{41} + 12,18x_{52} + 38,50x_{66} + \\ \quad + 65,90x_{77} + 102,46x_{88} + 241,40x_{910} + 1764,90x_{109} \Rightarrow 2247,84 \end{array} \right. \quad (9)$$

Вполне очевидно, что 1-й вариант является оптимальным, так как он обладает наиболее низкой стоимостью и обеспечивает максимальное снижение шума в кабине, он и рекомендуется для осуществления звукозащиты оператора.

Выводы

1. Оптимизацию звукозащиты в кабине целесообразно производить на двух этапах: на первом этапе определяется максимально возможное снижение шума в кабине, а на втором определяются наиболее выгодный экономический вариант.
2. Разработанная математическая модель технико-экономической оптимизации звукозащиты оператора в кабине с использованием сотовых звукопоглощающих материалов, позволяет снизить воздушный шума в кабине на 22 дБА при наименьшей стоимости используемого сотового ЗПМ.

Библиографический список

1. Устинов Ю.Ф., Волков Н.М., Дёгтев Д.Н. Оценка виброакустических параметров транспортных и транспортно-технологических машин на стадии проектирования Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2012. № 1. С. 308-312.
2. Никитин С.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Воропаев В.О., Воронов А.С. Численные исследования быстропеременных виброакустических процессов при помощи метода конеч-

ных элементов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2013. № 1. С. 154-159.

3. Жулай В.А., Тюнин В.Л. Оценка ширины колеи при движении колеса землеройно-транспортной машины по грунту. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2013. № 1. С. 140-143.

4. Жулай В.А., Тюнин В.Л. Определение ширины контакта крупногабаритных шин землеройно-транспортных машин при движении по грунту. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2014. № 1. С. 191-195.

5. Ю.Г. Сергеев, Д.Н. Дегтев, А.В. Ульянов. Приспособление планетарного типа для виброобработки деталей. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2015. № 1. С. 309-312.

6. Ю.Г. Сергеев, Д.Н. Дегтев, А.В. Ульянов, А.С. Гущин, В.Н. Карташов. Контейнер для вибрационной обработки деталей. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2016. № 1. С. 286-289.

7. Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Щербинин М.И., Чернов М.В., Никитин С.А., Покачалов А.С., Кравченко А.А., Дуплищев С.М., Муравьев А.В., Кондауров Ю.А., Волков Н.М. Звукопоглощающая сотовая панель Патент на изобретение RUS 2206458 29.03.2002.

8. Никитин С.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Душкин С.В., Иванов С.А. Результаты исследований звукопоглощающих материалов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2016. № 1. С. 258-266.

References

1. Yu.F. Ustinov, N.M. Volkov, D.N. Degtev. Estation of vibroacoustic parameters of moving and transport-technological machines of the design stage. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2012. pp. 308-312.

2. S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev, V.O. Voropaev, A.S. Voronov. Numerical research of a rapidly varying vibroacoustic processes using the finite element method. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2013. pp. 154-159.

3. V.A. Zhulai, V.L. Tyunin. Estimation of the width to ruts when moving travel about earth-moving machines on soil. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2013. pp. 140-143.

4. V.A. Zhulai, V.L. Tyunin. The definition of the width of the contact large tires earth-moving machines when moving on the ground. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2014. pp. 191-195.

5. Y.G. Sergeev, D.N. Dyogtev, A.V. Uliyanov. Planetary-type device for the vibroprocessing of details. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2015. pp. 309-312.

6. Y.G. Sergeev, D.N. Dyogtev, A.V. Uliyanov, A.S. Gushchin, V.N. Kartashov. Container for the vibration processing of details. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2016. pp. 286-289.

7. Ustinov Ju.F., Muravev V.A., Shcherbinin M.I., Chernov M.V., Nikitin S.A., Pokachalov A.S., Kravchenko A.A., Duplishchev S.M., Muravev A.V., Kondauron Ju.A., Volkov N.M. Sound-absorbing honeycomb. / Patent 2206458, published 29.03.2002, abstract, with 6.

8. S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev, S.V. Dushkin, S.A. Ivanov. Sound-absorbing materials research results. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technologies. Ecology. 2016. pp. 258-266.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, проф. кафедры
строительной техники и инженерной
механики Нилов В.А;
студенты: В.С. Иванов
Россия, г. Воронеж, тел. 8(473)277-01-29
e-mail:vladnil1014@mail.ru*

*The Voronezh State
Technical University
D.Sc. (Engineerin), Prof. of the civil
engineering and engineering mechanics
V.A. Nilov;
students: V.S. Ivanov
Russia, Voronezh, tel. 8(473)277-01-29
e-mail:vladnil1014@mail.ru*

В.А. Нилов, В.С. Иванов

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОВША АКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА

В статье приведено обоснование применения ковша активного действия для гидравлического экскаватора, исследование и сравнение с другими способами разработки мерзлых грунтов, а также проработана конструкция сменного ковша активного действия с амортизатором по изобретению к гидравлическому экскаватору.

Ключевые слова: гидравлический экскаватор, ковш активного действия, обоснование.

V.A. Nilov, V.S. Ivanov

GROUND OF APPLICATION OF SCOOP OF ACTIVE ACTION FOR HYDRAULIC POWER-SHOVEL

The article provides the rationale for using an active bucket for a hydraulic excavator, a study and comparison with other methods for the development of frozen soils, as well as a design of a replacement active bucket with a shock absorber according to the invention for a hydraulic excavator.

Keywords: stand-alone system, independent suspension, the rotor-stator, rotor shape of the elastic line, the critical speed.

Ежегодно в нашей стране разрабатывается около 1 млрд. м³ мерзлых грунтов, механическая прочность которых в 12...18 раз (достигает 180...220 кгс/см², или 18...22 МПа), а изнашивающая способность (абразивность) в 100...150 раз выше, чем у талых грунтов [1] (рис.1). Производительность землеройных машин на разработке мерзлых грунтов резко снижается.

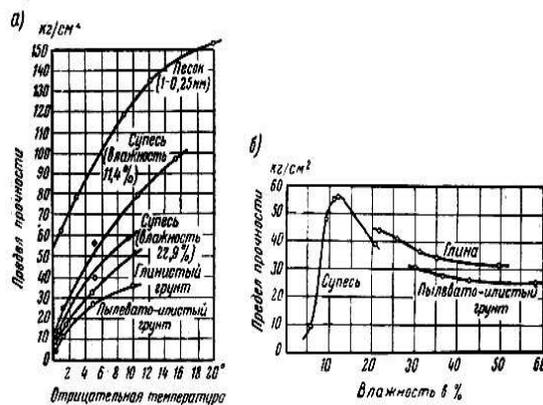


Рис. 1. Влияние температуры и влажности на прочность различных грунтов

Выбор эффективных способов разработки мерзлых грунтов обуславливается конкретными грунтовыми условиями, характером сооружаемого объекта и особенностями строительной площадки.

Наибольшее распространение получил механический способ разработки мерзлых грунтов специальными машинами, которые условно можно разделить на две группы: а) машины для подготовки мерзлых грунтов к последующей разработке землеройной техникой общего назначения; б) машины для непосредственной разработки мерзлых грунтов.

В настоящее время такими машинами разрабатывают более 80% общего объема мерзлых грунтов. Машины первой группы представляют собой рыхлители на мощных тракторах (рис. 2), баровые, дисковые и дискофрезерные машины, сменное рыхлительное оборудование к экскаваторам с гибкой подвеской рабочего оборудования (рис. 3) и т. д. Эти машины работают в комплексе с землеройной техникой, обеспечивающей окончательную разработку грунта до заданной отметки. Так, например, при рытье траншей в мерзлых грунтах применяют предварительное рыхление прочного верхнего слоя грунта тракторным рыхлителем с последующей разработкой забоя одноковшовым, или траншейным, экскаватором.

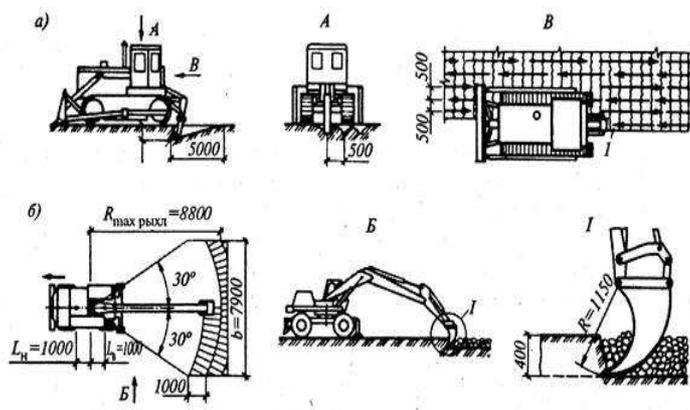


Рис. 2. Рыхление прочных грунтов статическим воздействием

Ко второй группе машин относятся цепные и роторные траншейные экскаваторы и универсальные экскаваторы с ковшом активного действия, рабочие органы и скоростные режимы которых приспособлены для разработки мерзлых грунтов с промерзанием на всю глубину траншеи.

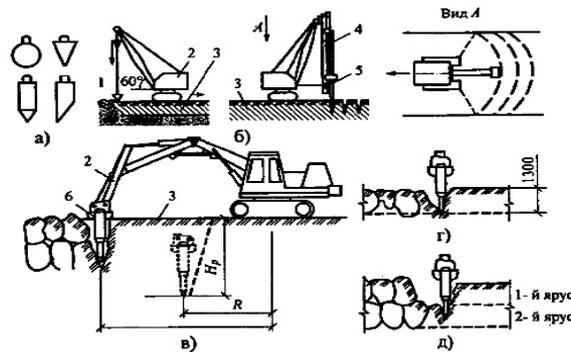


Рис. 3. Рыхление прочных грунтов динамическим воздействием

При разработке грунтов свыше 4-ой категории без их предварительного рыхления эффективным является применение сменного ковша активного действия, активным элементом которого являются гидроударные блоки, установленные в его задней стенке (рис. 4).

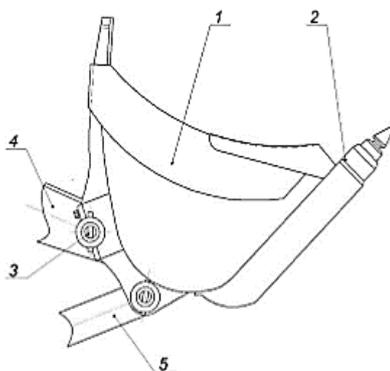


Рис.4. Ковш активного действия:

1 – остов ковша; 2 – гидроударный блок; 3 – амортизатор; 4 – рукоять; 5 – шатун

Исследования рыхлительного оборудования статического действия при разработке прочных и мерзлых грунтов показали, что процесс разрушения происходит в виде скола грунта и его отделение от массива отдельными фрагментами. При этом энергия рабочего органа, отдаваемая в массив грунта зависит от частоты образования скола (рис. 5), собственной частоты рабочего органа, его массы и т.п. [2].

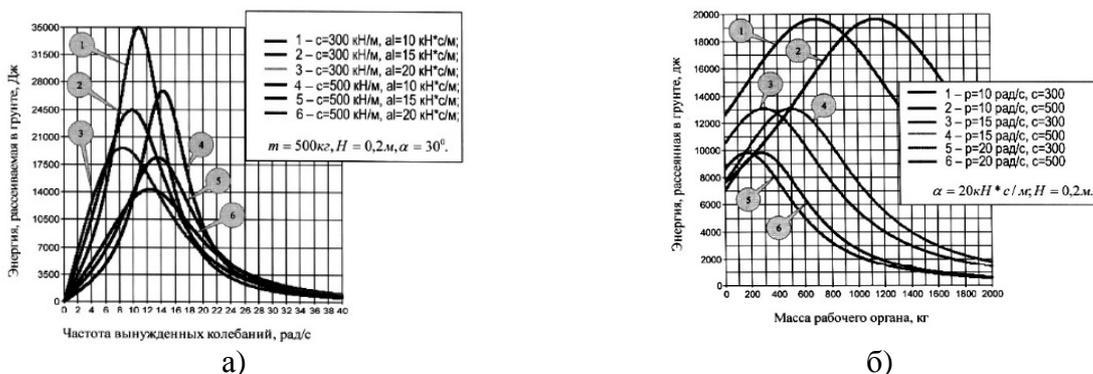


Рис. 5. Влияние на энергию рассеивания:

а) – частоты вынужденных колебаний; б) – массы рабочего органа

В настоящее время отсутствуют достаточные исследования для оптимального проектирования ковшей экскаваторов с активными зубьями, поэтому расчет таких ковшей сводится к подбору гидроударных блоков по необходимой энергии удара и снижению динамического воздействия на рабочее оборудование до минимальных значений.

На рис. 6 приведены зависимости для расчета необходимой энергии удара гидроударного блока для разработки мерзлого грунта ковшом гидравлического экскаватора. На энергоемкость процесса работы гидравлического экскаватора с активными зубьями существенную роль играет форма наконечника виброударника. Теоретические разработки в этом направлении рекомендуют ступенчатую трехгранную форму наконечника (рис. 7).

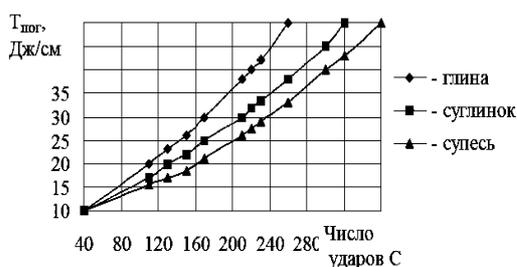


Рис. 6. Влияние прочности мерзлого грунта на энергию удара

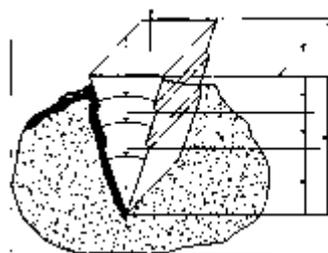


Рис. 7. Рациональная форма наконечника

В качестве примера взят гидравлический экскаватор ЭО-5225(40L) массой 40т.

Установив на ковш прямой лопаты вместимостью 1,8 м³ три гидроударных блока с энергией удара 600 Дж и усилием удара 24 кН каждый, получим суммарное усилие на зубьях ковша

$$P_{01} = P_{01C} + P_{01D}, \quad (1)$$

где $P_{01C} = 317,2$ кН – среднее статическое усилие от гидроцилиндров поворота ковша или рукояти; $P_{01D} = 3 \cdot 24 = 72$ кН – динамическое усилие от гидроударных блоков.

Таким образом $P_{01} = 389,2$ кН, что на 22,7% выше чем P_{01C} . При этом динамический коэффициент нагружения составит:

$$\beta_{ДИН} = 1 + \frac{P_{01D}}{P_{01C}} = 1 + \frac{72}{317,2} = 1,227, \quad (2)$$

При установке в шарнирах ковш-рукоять двух амортизаторов с четырьмя резиновыми виброизоляторами (амортизационными втулками), параметры каждого из которых следующие: высота 5см, ширина 8см, динамический модуль упругости $E_d = 0,654$ кН/см² при вертикальной жесткости $K_z = 6,54$ кН/см, динамическая нагрузка, передаваемая на металлоконструкцию рабочего оборудования, уменьшается с 72кН до 24кН.

При этом коэффициент динамичности составил:

$$\beta'_{ДИН} = 1 + \frac{24}{317,2} = 1,07, \quad (3)$$

что подтверждает эффективность установки амортизаторов в ковше активного действия экскаватора.

Ковш (рис. 4) через амортизаторы соединен с рукоятью, а через коромысло с гидроцилиндром поворота ковша.

В процессе разработки грунта на ковш кроме статической нагрузки от гидроцилиндра поворота ковша или рукояти действует еще динамическая, обусловленная работой гидроударных блоков. Основная доля динамической нагрузки приходится на шарниры соединения ковша с рукоятью, в которых установлены амортизаторы. На шарниры, соединяющий ковш с шатуном, передается незначительная часть динамической нагрузки, которая гасится ковшовым гидроцилиндром.

Устройство амортизатора (рис.8) выполнено по изобретению [3].

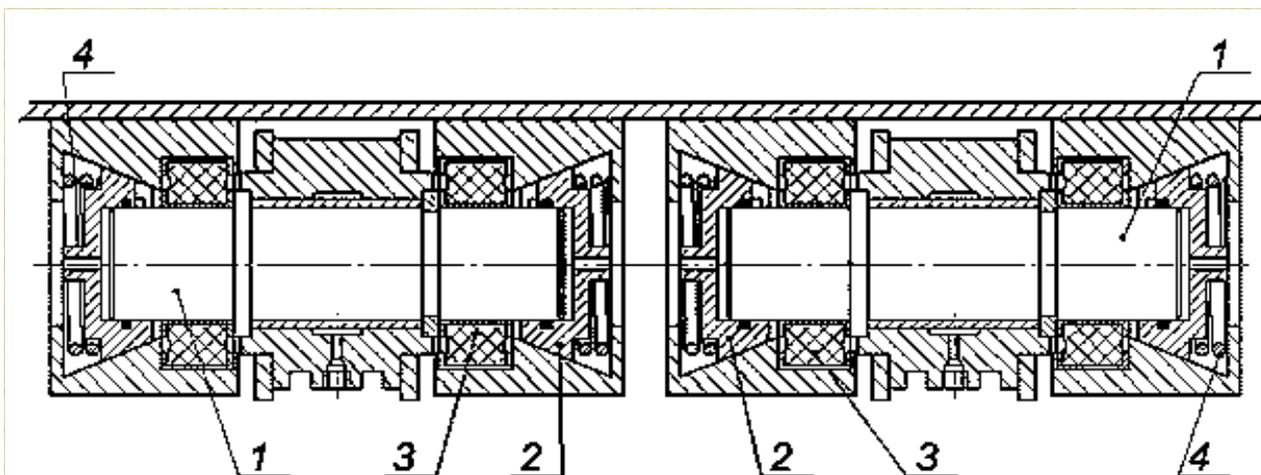


Рис. 8. Амортизатор:
1 - ось; 2 – стакан; 3 – втулка амортизационная; 4 – пружина

Подвод гидравлической жидкости к гидроударным блокам и амортизаторам осуществляется от общей гидромагистрали экскаватора.

При копании грунта с выключенными гидроударными блоками амортизаторы отключены и в шарнирах ковш-рукоять существует жесткая связь, т.к. стаканы 2, имеющие коническую поверхность, с помощью пружин 4 за счет сил трения жестко связаны с коническими поверхностями проушин остова ковша. При этом угол α при вершине конуса определяется зависимостью $\alpha < \tan^{-1} f$, где f - коэффициент трения между материалами стакана и проушин. Амортизационные втулки 3 не воспринимают усилие копания.

При копании прочных грунтов с включенными гидроударными блоками гидравлическая жидкость поступает одновременно в амортизаторы через входные штуцеры в стаканах 2, заполняя полости, образованные внутренними поверхностями стаканов и торцами осей 1. Под давлением гидрожидкости стаканы 2, преодолевая сопротивление пружин 4, перемещаются по оси 1. Между коническими поверхностями стаканов и проушиной остова ковша, к которым крепится рукоять, образуется зазор, т.е. разблокируются амортизационные втулки 3 и начинают гасить динамические нагрузки от гидроударных блоков. Тем самым предохраняя металлоконструкции рабочего оборудования и машину в целом от их воздействия.

Выводы

1. При выборе способа разработки мерзлых грунтов, применение экскаватора с ковшом активного действия является наиболее оптимальным и дешевым способом, и применяется в 80 % случаев в нашей стране.

2. Применение амортизатора в конструкции рабочего органа экскаватора позволяет значительно снизить вибрационную нагрузку на конструкцию машины, непосредственно на оператора и продлить срок службы машины, увеличить интервалы между ТО.

Библиографический список

1. <http://bek.sibadi.org/fulltext/ED460.pdf>.
2. Геллер Ю.А. Создание энергосберегающей рыхлительной техники, обеспечивающей перераспределение динамических нагрузок в зону разрушения грунта.: Дисс....доктора техн. наук. – Хабаровск, - 2016.

3. А.с. №1411383 СССР, МКИ E02F3/28, 3/40. Рабочее оборудование землеройной машины / Е.И. Берестов, А.М. Щемелев, М.Б. Попов, В.Ф. Комозов (СССР)-№4142265/29-03; Заявлено 30.10.86; Оpubл.23.07.88, БИ№ 27.

References

1. <http://bek.sibadi.org/fulltext/ED460.pdf>.
2. Geller Yu.A. Creation of energy-saving ripping equipment, which provides for the redistribution of dynamic loads to the zone of soil destruction: Diss ... dokt. Tech. Sciences. - Khabarovsk, - 2016.
3. Ас. No. 1411383 USSR, МКИ E02F3 / 28, 3/40. Earthmover equipment machines / E.I. Berestov, A.M. Schemelev, M.B. Popov, VF Komozov (USSR) -№4142265 / 29-03; Declared on 30.10.86; Published on 23.07.88, BIN№ 27.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики
Ю.Г. Сергеев;
Канд. техн. наук, проф. кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
Ю.И. Калинин;
Канд. техн. наук, доц. кафедры строитель-
ной техники и инженерной механики
Д.Н. Дёгтев;
Старший преподаватель кафедры строи-
тельной техники и инженерной механики
А.В. Ульянов;
Магистрант Д.А. Феофанов;
Студент М.С. Лыиков;
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
E-mail: ua1980@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engineer-
ing mechanics Yu.G. Sergeev;
Cand. of Tech. Science, prof. of the chair of
construction machinery and engineering me-
chanics Yu.I. Kalinin;
Cand. of Tech. Science, Associate prof. of the
chair of construction machinery and engineer-
ing mechanics D.N. Degtev;
Senior Lecturer of the chair of construction
machinery and engineering mechanics
A.V. Ulyanov;
Graduate student D.A. Feofanov;
Student M.S. Lysikov;
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 271-59-18
E-mail: ua1980@vgasu.vrn.ru*

Ю.Г. Сергеев, Ю.И. Калинин, Д.Н. Дёгтев, А.В. Ульянов, Д.А. Феофанов, М.С. Лыиков

ОСОБЕННОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ, НЕПОДВИЖНО ЗАКРЕПЛЕННЫХ В U-ОБРАЗНОМ КОНТЕЙНЕРЕ

В статье рассмотрены особенности вибрационной обработки деталей, закрепленных неподвижно в U-образном контейнере. На основе экспериментальных исследований представлены графики съема металла с обрабатываемых деталей в различных зонах обработки. Математическими выводами указаны способы обеспечения равномерности обработки гранулированной средой всех поверхностей деталей.

Ключевые слова: вибрационная обработка, гранулированная рабочая среда, равномерность обработки, обрабатываемая деталь.

Yu.G. Sergeev, Yu.I. Kalinin, D.N. Degtev, A.V. Ulyanov, D.A. Feofanov, M.S. Lysikov

PECULIARITIES OF VIBRATION PROCESSING OF DETAILS FIXED IMMOVABLY IN U-SHAPED CONTAINER

The article considers the peculiarities of the vibration processing of details fixed immovably in a U-shaped container. On the basis of the experimental studies, the graphs of metal removal from the workable details in various processing zones are presented. Mathematical methods indicate the ways of ensuring the processing uniformity of all the details surfaces by the granulated medium.

Key words: vibration processing, granulated working medium, uniformity of processing, workable detail.

Установлены особенности вибрационной обработки деталей, неподвижно закрепленных в U-образном контейнере, т.е. без вращения, которые позволяют определить требования к выполнению процесса виброобработки в различных отраслях машиностроения на операциях шлифования, полирования, очистки и поверхностного упрочнения деталей, имеющих простые и сложные труднодоступные контуры.

Установленные особенности и разработанные требования к выполнению процесса виброобработки позволяют назначать оптимальные параметры оснастки и условия работы, обеспечивающие качество и наименьшую стоимость процесса [1].

При круговой траектории колебаний (см. рис.) исследовалось распределение средней силы ударного взаимодействия гранул рабочей среды Q , скорости скольжения гранул V_c и величины съема металла G по поверхности цилиндрической детали, неподвижно закрепленной в центре U-образного контейнера с прозрачными (стеклянными) торцевыми стенками. Скорость V_c замерялась путем просмотра и обработки данных скоростной киносъемки, проведенной кинокамерой СКС-1М, средняя сила Q замерялась устройством (а. с. № 198734), съем металла определялся после одного часа работы вибромашины путем взвешивания до обработки и после обработки на аналитических весах АД-200 пластинчатых образцов с размерами 1,3x20x100 мм.

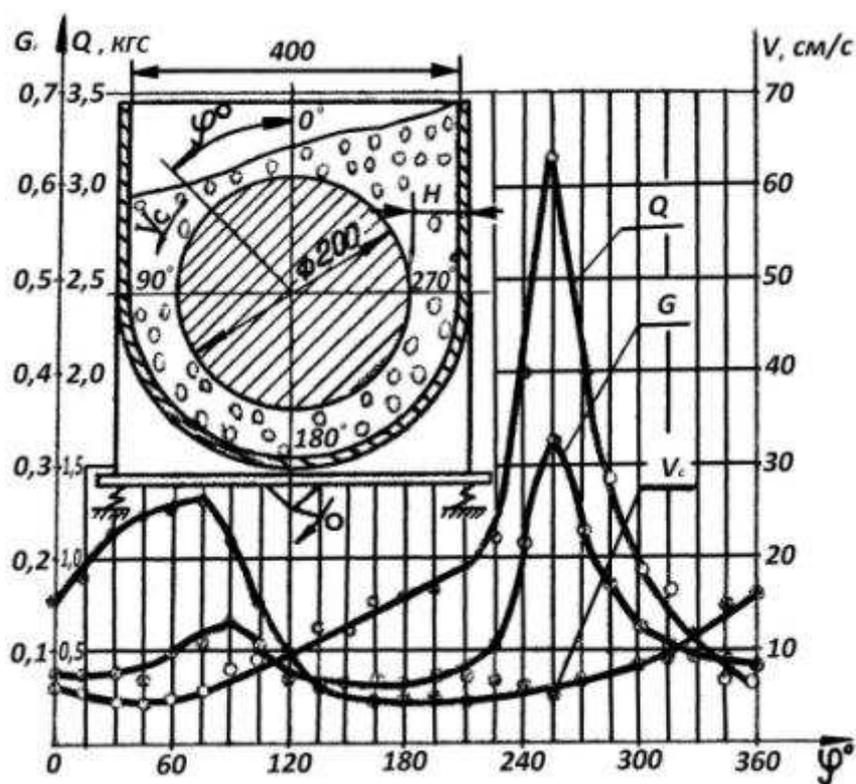


Рис. Схема распределения средней контактной силы Q , скорости скольжения гранул V_c и величины съема металла G по поверхности цилиндрической детали

Режимы обработки: амплитуда колебаний – 4,5 мм; частота колебаний – 2,4 Гц; рабочая среда – бой шарошлифовальных кругов с размерами 5-10 мм.

Уровень загрузки гранул рабочей среды превышал крайнюю верхнюю точку обрабатываемой детали на величину зазора H между поверхностью детали и боковой стенкой контейнера.

Установлено, что при всех прочих одинаковых условиях и режимах обработки с уменьшением диаметра детали или с увеличением размеров гранул рабочей среды скорость V_c уменьшается, а средняя сила Q и величина съема металла G увеличиваются.

С помощью математической обработки экспериментальных данных замера значений V_C , Q и G , проведенного при одинаковых условиях и режимах обработки, установлено:

$$G = K \cdot Q \cdot V_C, \quad (1)$$

где K - коэффициент пропорциональности.

Полость между поверхностью детали и цилиндрической частью U - образного контейнера от 90° до 270° представляет собой трубопровод постоянного сечения, по которому при круговой траектории колебаний в сторону, обратную направлению вращения дебалансного вала, текут, как жидкость, гранулированные частицы рабочей среды. Используя в данном случае условие постоянства массового расхода жидкости вдоль трубопровода, установили, что

$$Q_P = \gamma \cdot S \cdot V_C = const, \quad (2)$$

где Q_P - массовый расход жидкости (гранул);

γ - объемный вес текучей среды;

S - площадь поперечного сечения трубопровода.

Из зависимости (2) и анализа графика распределения скорости следует, что в различных зонах U -образного контейнера наблюдаются различные значения γ .

В процессе колебаний гранулированная среда ведет себя как пружина, растягиваясь на величину свободного пробега в момент отрыва от точки соприкосновения с деталью или стенкой контейнера и сжимаясь до плотной упаковки гранул в момент соударения, образуя в конце цикла удара между пограничным слоем гранул и каждой точкой поверхности детали или стенки контейнера зазор h , равный двум нормальным к рассматриваемой точке амплитудам колебаний. Величина зазора при этом в каждой рассматриваемой точке в плоскости поперечного сечения контейнера имеет различную величину, т.к. каждая точка поверхности детали и стенки контейнера описывает отличительную друг от друга эллиптическую траекторию колебаний и сообщает в определенном направлении энергию движения каждой соприкасаемой с ней грануле рабочей среды.

Непостоянство значений γ , h и различное направление удара гранул рабочей среды в различных зонах U -образного контейнера не позволяют обеспечить постоянного значения V_C и Q по диаметру обрабатываемой детали, а, следовательно, и равномерность съема металла G с поверхности детали, неподвижно закрепленной в U -образном контейнере. С целью обеспечения равномерности обработки по всей поверхности детали, закрепленной без вращения в U -образном контейнере, необходимо через кратные промежутки времени поворачивать деталь на 90° или 180° и реверсировать направление дебалансных валов вибромашин при каждом положении детали.

Во избежание заклинивания рабочих гранул между деталью и стенкой контейнера, вызывающего царапины обрабатываемой поверхности, величина зазора H должна быть больше суммы наибольшего значения h , между поверхностью детали и стенкой контейнера и 3 средних размеров гранул d . С увеличением H производительность процесса увеличивается незначительно, но при этом увеличиваются габаритные размеры рабочего контейнера, вес загрузки рабочей среды, величина износа абразивных гранул, а, следовательно, и стоимость обработки. Поэтому величину H следует назначать в пределах от $h + 3d$ до $h + 4d$.

Гранулированная рабочая среда и вращающиеся массы деталей приспособления создают в процессе работы повышенные уровни шума и вибрации. В связи с этим была проведена оценка виброакустических параметров разработанного устройства [2-7].

Выводы

Рассмотренный в данной работе способ виброобработки, проведенные экспериментальные исследования и полученные математическим методом рекомендуемые значения параметров процесса позволяют обеспечивать равномерность вибрационной обработки деталей по всем поверхностям.

Библиографический список

1. Сергеев Ю.Г., Дёгтев Д.Н., Ульянов А.В. Приспособление планетарного типа для виброобработки деталей. Научный вестник. Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Серия «Высокие технологии. Экология», 2015. С.309-312.
2. Устинов Ю.Ф., Волков Н.М., Покачалов А.С., Гольцов Д.Н., Чернышев Д.И. Виброакустические характеристики автогрейдеров. Строительные и дорожные машины. 2015. № 1. С. 7-10.
3. Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Анферов П.С., Дружинин Д.Е. Лабораторные испытания звукопоглощающих конструкций из перспективных материалов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2014. № 1. С. 162-164.
4. Никитин С.А., Волков Н.М., Дегтев Д.Н., Щиенко А.Н., Жигулин Д.Ю. Исследование жесткости опытного виброизолятора. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2014. № 1. С. 204-207.
5. Никитин С.А., Волков Н.М., Дёгтев Д.Н., Воропаев В.О., Воронов А.С. Численные исследования быстропеременных виброакустических процессов при помощи метода конечных элементов. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2013. С. 154-160.
6. Устинов Ю.Ф., Волков Н.М., Дёгтев Д.Н. Оценка виброакустических параметров транспортных и транспортно-технологических машин на стадии проектирования. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2012. № 1. С. 308-312.
7. Патент на изобретение RUS 2206458 от 29.03.2002. Звукопоглощающая сотовая панель. Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Щербинин М.И., Чернов М.В., Никитин С.А., Покачалов А.С., Кравченко А.А., Дуплищев С.М., Муравьев А.В., Кондауров Ю.А., Волков Н.М.

References

1. Yu.G. Sergeev, D.N. Degtev, A.V. Ulyanov. A Planetary-Type Device for Vibration Processing of Details. The Scientific Newsletter. Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: "High Technology. Ecology". 2015. P.309-312.
2. Yu.F. Ustinov, N.M. Volkov, A.S. Pokachalov, D.N. Goltsov, D.I. Chernyshev. Vibroacoustic Characteristics of Road Graders. Construction and Road-Building Machines. 2015. № 1. P. 7-10.
3. N.M. Volkov, D.N. Degtev, P.S. Anferov, D.E. Druzhinin. Laboratory Tests of Sound-Absorbing Structures from Perspective Materials. Scientific Newsletter. Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: "High Technologies. Ecology". 2014. No. 1. P. 162-164.
4. S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev, A.N. Shchienko, D.Yu. Zhigulin. Investigation of the Rigidity of Experimental Vibration Isolator. Scientific Newsletter. Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: "High Technologies. Ecology". 2014. No. 1. P. 204-207.
5. S.A. Nikitin, N.M. Volkov, D.N. Degtev, V.O. Voropaev, A.S. Voronov. Numerical Studies of Fast-Variable Vibroacoustic Processes Using the Finite Element Method. Scientific New-

sletter. Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: "High Technologies. Ecology". 2013. P. 154-160.

6. Yu.F. Ustinov, N.M. Volkov, D.N. Degtev. Evaluation of Vibroacoustic Parameters of Transport and Transport-Technological Machines at the Design Stage. Scientific Newsletter. Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: "High Technologies. Ecology". 2012. № 1. P. 308-312.

7. Patent for the RUS 2206458 Invention from 29.03.2002. Sound-Absorbing Cellular Panel. Yu.F. Ustinov, V.A. Muraviev, M.I. Shcherbinin, M.V. Chernov, S.A. Nikitin, A.S. Pochachalov, A.A. Kravchenko, S.M. Duplishchev, A.V. Muraviev, Yu.A. Kondaurov, N.M. Volkov.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, профессор кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени проф. Н.А. Ульянова
Л.Х. Шарипов
Россия, г. Воронеж, тел. 89601012433
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. of techn. science, Prof. of the chair of
building technics and the engineering
mechanics of a name of professor N.A.Ulyanov
L.Ch. Sharipov
Russia, Voronezh, tel. 89601012433
e-mail: stim@vgasu.vrn.ru*

Л.Х. Шарипов

СТЕНД ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШИН АВТОГРЕЙДЕРА

В статье представлена схема стендовой установки автогрейдера для экспериментального определения тягово-сцепных качеств и деформаций пневматических шин колёсного движителя в стационарных условиях.

Ключевые слова: сила тяги, сцепление, шина, деформация, колёсный движитель.

L.Ch. Sharipov

STAND FOR EXPERIMENTAL RESEARCH TOWED-COUPLED INDICATORS TIRES POWER GRADER

In article the scheme of stand installation of a power grader for experimental definition of towed-coupled qualities and deformation of pneumatic wheel propeller tyres in stationary conditions is presented.

Keywords: pull, coupling, tyre, deformation, wheel propeller.

Сила тяги автогрейдера, развиваемая колесным движителем с пневматическими шинами, является одним из главных параметров, существенно влияющих на эксплуатационные показатели машины. Условия работы автогрейдера при выполнении различных технологических операций создают значительные нагрузки на шины. Поэтому при выборе шин необходимо учитывать ряд требований к ним, главными из которых являются: обеспечение высоких тягово-сцепных качеств, механической прочности, износостойкости, грузоподъёмности. Эти показатели – при прочих равных условиях (мощность двигателя, сцепной вес, грунтовые условия, вид трансмиссии и др.) – зависят, главным образом, от физико-механических свойств шин.

Технико-экономические показатели автогрейдера – буксование, тяговая мощность, тяговый КПД, расход топлива, – определяются видом и значением деформаций шин, возникающих под действием внешних сил. Основными видами деформаций, характеризующих физико-механические свойства шин, считаются – радиальная, окружная, поперечная и угловая. Поэтому необходимость проведения экспериментальных исследований с целью определения оптимальных технических параметров шин, главным образом новых типоразмеров, предусматриваемых для использования как на серийных, так и на перспективных моделях автогрейдеров, – очевидна. Кроме того, следует отметить, что в последнее время наблюдается тенденция к повышению мощности двигателя и сцепного веса машин.

Обычно технологические показатели автогрейдера с новыми моделями различных шин определяют экспериментально в полевых условиях – по результатам стандартных тяговых испытаний на различных поверхностях качения, наиболее часто встречающихся в реальных условиях. Однако этот процесс связан с определенными сложностями, материальными и временными затратами.

Максимальные значения тягово-сцепных качеств исследуемых шин и показателей основных видов деформаций можно определить экспериментально и в достаточно сжатые сроки более простым, чем при тяговых испытаниях, способом на небольших участках в стационарных спокойных условиях – на стенде, что удобно и не сопровождается сложностями, сопутствующими тяговым испытаниям.

При стендовых испытаниях автогрейдер устанавливается на одном из видов поверхностей – грунт, песок, щебень. Асфальтобетон или бетон (как «эталонные») используются для определения предельных значений исследуемых параметров.

С целью определения максимальных тягово-сцепных свойств шин отвал располагают на опорной поверхности фронтально и симметрично относительно продольной оси машины. В средней части отвала к ножу шарнирно через динамометр, как при тяговых испытаниях, крепится один конец сцепки, а другой – к якорю, который в зависимости от положения отвала и точки крепления динамометра, может устанавливаться в соответствующее положение. Шарнирное крепление сцепки к ножу позволяет минимизировать влияние составляющих продольного усилия, развиваемого колесным двигателем.

На стенде крутящий момент к ведущим колесам подводится вручную – вращением карданного вала специальным штурвалом, закрепленным на нём. Для измерения силы тяги и соответствующих деформаций шины, крутящий момент увеличивается ступенчато с определенным шагом с целью фиксации промежуточных значений силы тяги и деформации шины. Для удобства и наглядности силу тяги измеряют по показаниям стрелочного динамометра. Нагрузку увеличивают до потери сцепления шин с опорной поверхностью.

Радиальная (нормальная) деформация шины (рис. 1) является одним из важных параметров шины, характеризующая её тягово-сцепные свойства, нагрузочную способность, срок службы.

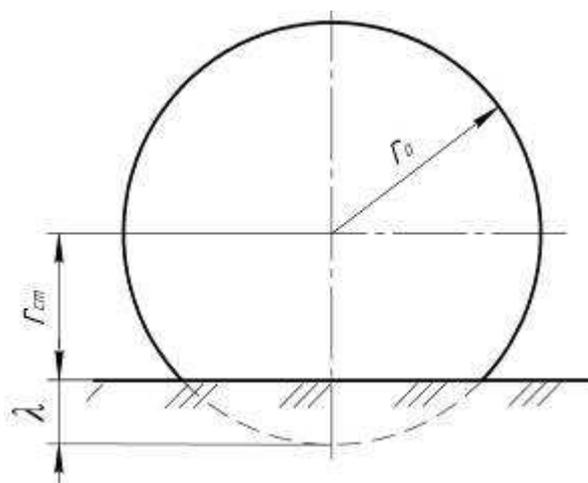


Рис. 1. Схема радиальной деформации шин

Чем больше нормальная деформация шины, тем интенсивнее трение и износ протектора. Значение нормальной деформации измеряется нормальным прогибом λ шины, равным разности свободного r_o и статического r_{cm} радиусов колеса

$$\lambda = r_o - r_{cm}$$

Различие в прогибах шин балансирной тележки автогрейдера обусловлено перераспределением нормальной нагрузки на них, а также деформациями в окружном и поперечном направлениях.

Крутящий момент, подводимый к ободу колеса, вызывает деформирование боковин и протектора шины, поворачивает его на определенный угол закрутки α относительно опорной поверхности, деформируя ее в окружном направлении. Если на линии, проходящей через ось вала и центральную опорную точку O шины (рис. 2), закрепить указатель, обозначенный стрелкой, то по его углу поворота и крутящему моменту на валу можно установить упругие характеристики шины в окружном направлении, например, жёсткость, которая зависит от давления воздуха в шине, высоты её профиля и нормальной нагрузки.

Из рис. 2 следует, что вследствие тангенциальной деформации точка a на указателе, находящаяся на расстоянии равном радиусу обода, переместится в точку a_1 с углом закрутки α , а примерная траектория движения точки O будет определяться кривой Oa_1 .

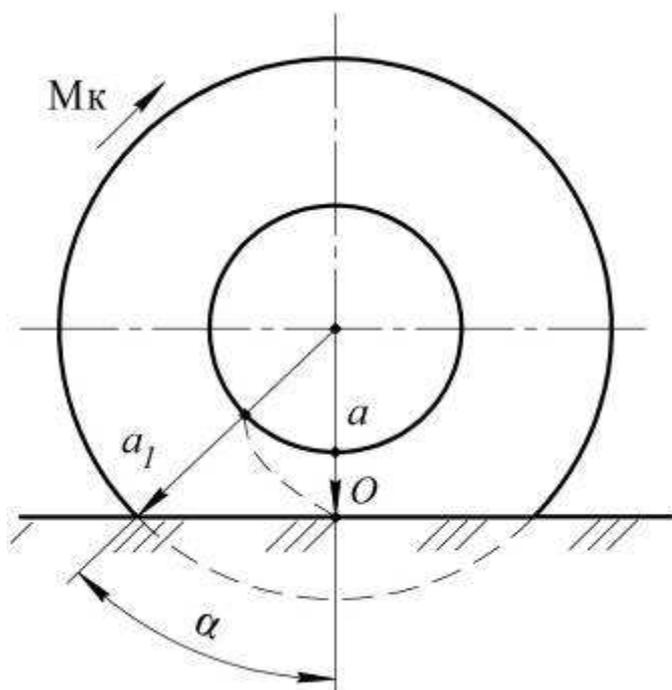


Рис. 2. Схема окружной деформации шины

Этот вид деформации характерен тем, что он влияет на параметры динамических нагрузок, возникающих в трансмиссии автогрейдера при действии переменных нагрузок, на рабочий орган. Поэтому данные о показателях окружной деформации при выборе шин необходимы.

Поперечная (боковая) деформация шины (рис. 3), возникающая при действии боковой силы P , вызывает смещение обода колеса на некоторую величину Δ относительно пятна контакта шины и в пределе – боковое скольжение, которое существенно влияет на эксплуатационные показатели машины и на работу шины в целом.

Для каждой модели шины существует максимальное значение P , при которой она работает без проскальзывания и сохраняет продольную устойчивость на тяговом режиме. Поэтому необходимость определения максимального значения боковой силы P для каждого типоразмера шины очевидна. На рис. 3 представлена примерная схема поперечной деформации шины при действии боковой силы на неподвижное колесо.

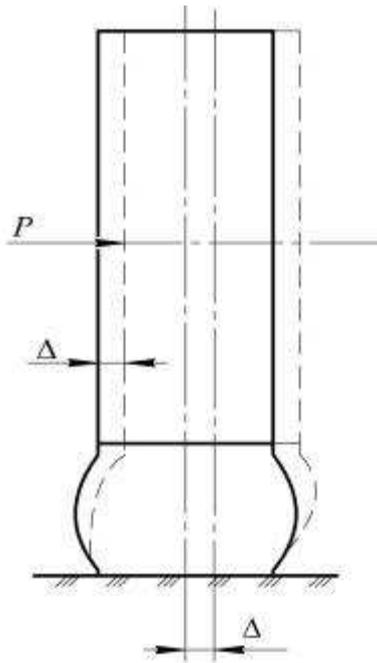


Рис. 3. Схема боковой деформации (условная) шины

Если колесо работает в ведущем режиме, значение величины бокового скольжения под действием силы P может быть меньше, чем у стационарного колеса.

Измерение максимального значения боковой силы, при которой не наступает бокового проскальзывания шины, не представляет трудности.

При копании грунта на нож действуют горизонтальная P_1 и вертикальная P_2 силы, направление которых может меняться в зависимости от характера взаимодействия ножа с грунтом, что вызывает изменение сцепного веса и перераспределение его между колёсами балансирующей тележки. При определении силы тяги колесного движителя вертикальную силу принимают направленной вверх. Целесообразность учета этой силы при выборе шин представляется также очевидной. В этом случае на стенде вертикальную нагрузку можно создавать домкратом.

На стенде, при необходимости, параллельно с другими измерениями можно осуществлять тензометрирование металлоконструкций и элементов трансмиссии автогрейдера.

Таким образом, меняя точки крепления сцепного устройства на ноже, положение отвала в пространстве, давление в шинах и др., можно получить экспериментально предварительные результаты исследуемых параметров.

Библиографический список

1. Алексеева Т.В., Артемьев К.М., Бомберг А.А. и др. Дорожные машины. Часть 1. Машины для земляных работ. Изд. 3-е перераб. и доп. – М.: – Машиностроение, 1972. – 504 с.
2. Кутков Г.М. Теория трактора и автомобиля. – М.: Колос, 1996 – 287 с.

References

1. Alekseeva T.V., Artemev K.M., Bomberg A.A., etc. Road vehicles. Part 1. Vehicles for excavations. Ed. 3rd revised. and ext. - M.: – Mechanical Engineering, 1972. - 504 p.
2. Kutkov G.M. Theory of tractor and car. – M.: Kolos, 1996 - 287 p.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

УДК 625.76

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. , доц. кафедры строительной
техники и инженерной механики имени
профессора Н.А. Ульянова Р.А. Жилин,
студент магистратуры. М.В. Нифантов
Россия, г. Воронеж, тел. +7-(960)-107-71-25
e-mail: kastim@bk.ru*

*Voronezh State
Technical University
associate professor, Structural Engineering
and Mechanics, of a name of professor N.A.
Ulyanov R.A. Zhilin, master student M.V.
Nifantov
Russia, Voronezh, tel. +7-(960)-107-71-25
e-mail: kastim@bk.ru*

Р.А. Жилин, М.В. Нифантов

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ СДМ НА ПРИМЕРЕ РАЗВИТИЯ РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БАЗЫ

Статья содержит процесс создания ремонтно-эксплуатационной базы строительного-дорожных машин с использованием современных методик расчета и проектирования, а также необходимые действия для усовершенствования существующих предприятий

Ключевые слова: строительные-дорожные машины (СДМ), проектирование предприятий СДМ, усовершенствование предприятий, методы развития ремонтно-эксплуатационной базы, качество обслуживания СДМ, текущий ремонт.

R.A. Zhilin, M.V. Nifantov

IMPROVING THE QUALITY OF CRM SERVICE ON THE EXAMPLE OF THE DEVELOPMENT OF THE REPAIR-OPERATIONAL BASE

The article contains the process of creating a repair and maintenance base for construction and road machines using modern methods of calculation and design, as well as the necessary actions of improving existing enterprises

Keywords: construction and road machines (CRM), designing of CRM enterprises, improvement of enterprises, methods of development of repair and maintenance base, quality of maintenance of CRM, current repair.

В технологическом проектировании обычно рассматривают предприятие комплексного типа, которое выполняет следующие основные функции: техническое обслуживание и текущий ремонт машин на стационарной базе; капитальный ремонт машин ограниченной номенклатуры, как правило, на базе готовых агрегатов; обеспечение машин и оборудования запасными частями и эксплуатационными материалами; перебазирования машин и оборудования, монтаж и демонтаж машин, оборудования и строительной оснастки; хранение машин.

Проектирование ремонтно-эксплуатационной базы заключается с созданием нового предприятия с применением всех современных технологий, что позволит повысить культуру производства, облегчить труд рабочих, уменьшить время простоя автомобиля в ремонте, что

приведёт к повышению технико-экономических показателей.

Поддержание строительно-дорожной техники в технически исправном состоянии в значительной степени зависит от уровня развития и условия функционирования производственно-технической базы предприятий автомобильного транспорта, представляющей собой совокупность зданий, сооружений, оборудования, оснастки и инструмента, предназначенных для технического обслуживания, текущего ремонта и хранения подвижного состава. При этом следует отметить, что вклад производственно-технической базы в эффективность технической эксплуатации строительно-дорожной техники достаточно высок и оценивается в 18-19%.

Целью строительно-дорожных машин как сектора транспортного комплекса страны является удовлетворение потребности экономики и населения страны в обеспечении надлежащего состояния дорог при минимальных затратах всех видов ресурсов. Для этого требуется поддержание автомобилей в технически исправном состоянии.

Не менее важным является задача повышения эффективности работы подвижного состава. Одним из методов решения этой проблемы является своевременное и качественное проведение технического обслуживания и ремонта автомобилей. Для чего необходимо внедрение новых прогрессивных методов ремонта автомобилей, современных систем диагностирования. Что позволит точнее определять техническое состояние автомобиля, качественнее проводить техническое обслуживание (ТО) и текущий ремонт (ТР), уменьшить расходы на запасные части.

Насыщение ремонтно-эксплуатационных баз современным технологическим оборудованием для проведения технических обслуживаний и ремонтов строительной техники позволяет резко повысить качество выполнения работы значительно снизить затраты времени на их проведение. В связи с этим увеличивается время пребывания машин на объектах строительства, а это способствует повышению их годовой эксплуатационной производительности и получения определенного экономического эффекта.

Для этого используются несколько видов ремонта:

- плановый текущий ремонт,
- мелкий и сложный неплановый ремонт (НР) всех типов машин проводится только на ремонтной базе.

Все работы по ТО и ремонту выполняются в рабочее время (время смены составляет 8 часов ($t_{см} = 8$) обслуживаемых машин только в одну смену (коэффициент сменности равен 1 ($k_{см} = 1$) бригадой механиков в количестве 2-4 человека на одну ремонтируемую машину.

Эффективность работы предприятия во многом зависит от технического состояния подвижного состава и оснащённости производственно-технической базы предприятия. Это определяет место и роль технической службы в системе управления строительно-дорожным транспортом. Производственно-технический отдел предприятия уделяет главное внимание вопросам поддержания транспортных средств в технически исправном состоянии и обеспечения развития производственной базы. Вместе с тем органы технического руководства обеспечивают механизацию процесса производства и внедрения прогрессивных методов технического обслуживания и ремонта машин.

Подвижной состав был разбит на технологически совместимые группы. Под технологической совместимостью подвижного состава понимается конструктивная общность моделей, позволяющая организовать совместное производство работ по их ТО и ТР с использованием одной и той же технологической базы (технологии и организации работ, рабочих мест, постов, оборудования и оснастки).

Для расчета программы предварительно необходимо для данной ремонтно-эксплуатационной базы выбрать нормативные значения пробегов подвижного состава до списания и периодичностей ТО-1 и ТО-2, которые установлены для определенных условий, а именно: категории условий эксплуатации, базовых моделей машин и умеренно-холодного климатического района.

Для данного исследования в общем случае нормируемые ресурсный пробег L_p машины до списания и периодичности ТО-1 и ТО-2 L_i определяются с помощью коэффициентов K_1, K_2 и K_3 , т. е.

$$L_p = L_p^{(H)} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (1)$$

$$L_i = L_i^{(H)} \cdot K_1 \cdot K_3 \quad (2)$$

где $L_p^{(H)}$ – нормативный ресурсный пробег машины, км (таблица 2.3, [5]);

$L_i^{(H)}$ – нормативная периодичность ТО i -го вида (ТО-1 или ТО-2), км (таблица 2.3, [5]).

Периодичность и трудоемкость ТО и ТР подвижного состава следует корректировать в зависимости от следующих условий с помощью коэффициентов:

- категории условий эксплуатации подвижного состава – K_1 ;
- модификации подвижного состава – K_2 ;
- природно-климатические условия эксплуатации подвижного состава – K_3 ;
- количество единиц технически совместимого подвижного состава – K_4 ;
- способы хранения подвижного состава – K_5 .

Планирование простоев подвижного состава и объемов работ в ТР производится исходя из соответствующих удельных нормативов на 1000 км пробега.

Производственная программа по каждому виду ТО обычно рассчитывается на 1 год. Программа служит основой для определения годовых объемов работ ТО и ТР и численности рабочих. Определение производственной программы базируется на так называемом цикловом методе расчета, который используется в практике проектирования ремонтно-эксплуатационной базы. При этом под циклом понимается пробег машины до его капитального ремонта (КР) или до списания, т.е. ресурсный пробег.

Цикловый метод расчета производственной программы ТО предусматривает:

- выбор и корректирование периодичности ТО-1, ТО-2 и ресурсного пробега для подвижного состава проектируемой ремонтно-эксплуатационной базы;
- расчет числа ТО на 1 машина (автопоезд) за цикл;
- расчет коэффициента технической готовности и на его основе расчет годового пробега машин, а затем число ТО на группу (парк) машин.

Следует отметить, что эксплуатация подвижного состава после достижения нормативного пробега L_K значительно увеличивает простои его в ТО и ТР, что является следствием более частых отказов и текущих ремонтов.

Годовой объем работ по ремонтно-эксплуатационной базе определяется в человеко-часах и включает объем работ по ежедневному обслуживанию (ЕО), ТО-1, ТО-2, ТР, а также объем вспомогательных работ предприятия. На основе этих объемов определяется численность рабочих производственных зон и участков.

Расчет годовых объемов ЕО, ТО-1 и ТО-2 производится исходя из годовой производственной программы данного вида и трудоемкости обслуживания. Годовой объем ТР определяется исходя из годового пробега парка машин и удельной трудоемкости ТР на 1000 км пробега.

Распределение объема ТО и ТР по производственным зонам и участкам.

Объем ТО и ТР распределяется по месту его выполнения по технологическим и организационным признакам. ТО и ТР выполняется на постах и производственных участках. К постовым относятся работы по ТО и ТР, выполняемые непосредственно на машине (моечные, уборочные, смазочные, крепежные, диагностические и др.). Работы по проверке и ремонту узлов, механизмов и агрегатов, снятых с машины, выполняются на участках (агрегатном, слесарно-механическом, электротехническом и др.).

Более 50% объема работ по ТО и ТР выполняется на постах. Поэтому в технологическом проектировании этот этап имеет важное значение, так как число постов в последующем

во многом определяет выбор объемно-планировочного решения предприятия. Число постов зависит от вида, программы и трудоемкости воздействий, метода организации ТО, ТР и диагностирования машин, режима работы производственных зон.

Число постов обслуживания $X_{ТО}$ определяется из отношения общего времени простоя всех машин под обслуживанием к фонду времени одного поста [5]:

$$X_{ТО} = \frac{T_i}{R_i}. \quad (3)$$

Число постов ТО-2 (X_2) из-за относительно большой его трудоемкости, а также возможного увеличения времени простоя машины на посту за счет проведения дополнительных работ по устранению неисправностей определяется с учетом коэффициента использования рабочего времени поста η_2 , равного 0,85...0,90 [5].

$$X_2 = \frac{T_2}{R_2 \cdot \eta_2}. \quad (4)$$

Число специализированных постов диагностирования Д-1 или Д-2 $X_{Дi}$ рассчитывается так же, как и число постов ТО-2. При этом число рабочих на посту $P_{П}$ принимается равным 1 или 2, а коэффициент использования рабочего времени $\eta_{Д}$ равен 0,6...0,75 [5].

$$X_{Дi} = \frac{T_{Дi}}{\Phi_{П} \cdot P_{П}}; \quad (5)$$

$$X_{Дi} = \frac{T_{Дi}}{D_{раб.г.} \cdot T_{см} \cdot C \cdot \eta_{Д} \cdot P_{П}}, \quad (6)$$

где $T_{Дi}$ – годовой объем диагностических работ, чел-ч;
 $\Phi_{П}$ – годовой фонд времени поста диагностирования, ч;
 $D_{раб.г.}$ – число рабочих дней зоны диагностирования в году;
 $T_{см}$ – продолжительность смены, ч;
 C – число смен;
 $P_{П}$ – число рабочих на посту.

При этом расчете число воздействий по ТР неизвестно. Поэтому для расчета числа постов ТР используют годовой объем постовых работ ТР.

При расчете постов ТР необходимо учитывать значительные по сравнению с ТО потери рабочего времени, связанные с уходом исполнителей с постов на другие участки, склады, а также из-за вынужденных простоев машин в ожидании ремонтируемых на участках деталей, узлов и агрегатов, снятых с машины. Эти потери рабочего времени учитываются коэффициентом использования рабочего времени поста η_n , который при наилучшей организации труда принимается равным 0,85-0,90; в средних условиях 0,80-0,85 и в худших условиях организации технологического процесса и снабжения постов 0,75-0,80.

Число постов ТР

$$X_{ТР} = \frac{T_{ТР_2}^{(H)} \cdot \varphi}{\Phi_{П} \cdot P_{П}}; \quad (7)$$

$$X_{ТР} = \frac{T_{ТР_2}^{(H)} \cdot \varphi}{D_{раб.г.} \cdot T_{см} \cdot C \cdot \eta_{Д} \cdot P_{П}}, \quad (8)$$

где $T_{ТР_2}^{(H)}$ – годовой объем работ, выполняемых на постах ТР, чел-ч;
 $D_{раб.г.}$ – число рабочих дней в году для постов ТР;
 $\eta_{П}$ – коэффициентом использования рабочего времени поста (0,80...0,85).

Были сформированы специализированные бригады по ТО и ремонту функциональных групп машин с целью сокращения затрат времени на ТО и ремонт, увеличения наработки до возникновения отказов, снижения потока отказов рассматриваемого комплекта машин в дорожном строительстве.

Для исследования изменения параметров системы ТО и ремонта машин (затрат времени на выполнение ТО и ремонта, наработки до возникновения отказа, количества отказов в рассматриваемый период), характеризующих техническое состояние машин в дорожном строительстве до и после научно-обоснованной специализации системы ТО и ремонта применялись методы статистического анализа численных значений.

Достоверность результатов и выводов подтверждается удовлетворительной сходимостью теоретических положений и статистических данных (величина погрешности измерений основных параметров не превышает 5%) и положительным эффектом применения результатов.

Предлагаемое совершенствование ТО и ремонта по функциональным группам машин позволяет, повысить профессионализм обслуживающего персонала, следовательно, качество ТО и ремонта машин в дорожном строительстве. А также позволяет снизить затраты времени на ТО и ремонт в среднем на 14-18%, увеличить наработку до возникновения отказа в среднем на 11-13%, снизить поток отказов в среднем на 10-14%.

В данной работе проведены следующие исследования:

1. Выполнен сравнительный анализ комплектов машин, используемых в дорожном строительстве; изучение состояния и развития системы ТО и ремонта машин в дорожном строительстве, а также в машиностроении, на автомобильном транспорте.

2. Выявлены наиболее значимые факторы, определяющие эффективность системы ТО и ремонта машин в дорожном строительстве; внедрение новых прогрессивных методов ремонта автомобилей, современных систем диагностирования. Что позволит точнее определять техническое состояние автомобиля, качественнее проводить ТО и ТР, уменьшить расходы на запасные части.

3. Разработана методика рационального выбора места проведения ТО и ремонта машин в дорожном строительстве в зависимости от:

- вида обслуживания или ремонта, периода эксплуатации в течении года,
- времени движения передвижной мастерской от базы до объекта и обратно,
- времени транспортирования машины от объекта до базы и обратно,
- сменности работы машины,
- комплексного коэффициента относительной сложности выполнения ТО и ремонта типов машин;

4. Исследованы изменения параметров технического состояния машин в дорожном строительстве при совершенствовании системы ТО и ремонта по технологически совместимым группам машин, с учетом разработанной методики выбора рационального места проведения мероприятий по ТО и ремонту машин;

5. Произведены следующие расчеты

- расчет годовой и суточной программы по ТО, ТР и диагностике;
- расчет трудоемкости работ по ТО, ТР и диагностике;
- расчет годового объема работ по ТО, ТР и диагностике;
- распределение работ по постам и участкам;
- расчет численности основных производственных рабочих, вспомогательных рабочих, руководства, ИТР, служащих, МОП и охраны;
- расчет численности постов и участков;
- расчет площадей постов, участков;

Поддержание дорожной техники в технически исправном состоянии в значительной степени зависит от уровня развития и условия функционирования производственно-

технической базы предприятий автомобильного транспорта, представляющей собой совокупность зданий, сооружений, оборудования, оснастки и инструмента, предназначенных для технического обслуживания, текущего ремонта и хранения подвижного состава.

Не менее важной является задача повышения эффективности работы подвижного состава. Одним из методов решения этой проблемы является своевременное и качественное проведение технического обслуживания и ремонта автомобилей. Для чего необходимо внедрение новых прогрессивных методов ремонта автомобилей, современных систем диагностирования. Что позволит точнее определять техническое состояние автомобиля, качественнее проводить ТО и ТР, уменьшить расходы на запасные части.

Библиографический список

1. Максименко, А. Н. Организация эксплуатации строительно-дорожных машин (СДМ) с учётом их технических составляющих/ А.Н Максименко, Д.Ю Мацакария, В.В Кутузов // Вестник Белорусского- Российского университета. -2012.-№4.-е.28-31.
2. Максименк, А. Н. Повышение этапа эксплуатации жизненного цикла гидрофицирование машин /А.Н Максименко, В.В. Кутузов, А.Н Федосов// Строительная наука и техника.-2011.-№4-С.42-45.
3. Voluzsky, S. B. Service Equipment For Hydraulic Systems Of Earthmoving Machines /S.B.Voluzsky, S.V.Repin, A.G.Toropov / Materials of 2nd International Machinery Monitoring & Diagnostics Conference “Machinery Condition Monitoring – Key to Performance and Productivity for the 90’s”. October 22-25, 1999. – Los Angeles, California: Union College. – P. 128-142
4. Репин, С. В. Резервирование как метод повышения эффективности эксплуатации строительных машин // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 2.– С. 45-50.
5. Техническая эксплуатация автомобилей. – Под ред. Е.С. Кузнецова. – 4-е изд. – М. Наука, 2001. – 535 с.

References

1. Maksimenko, A.N. Organization of the maintenance of construction and road machines (CRM), taking into account their technical components / A. Maksimenko, D. Yu Matsakaria, V. V. Kutuzov // Bulletin of the Belarusian-Russian University. -2012.-№4.-e.28-31.
2. Maksimenko, AN Increase of the stage of the maintenance of the life cycle of hydrofitting machines / A.Maksimenko, V.V. Kutuzov, A.N. Fedosov // Building Science and Technology.-2011.-№4-С.42-45.
3. Voluzsky, S. B. Service Equipment For Hydraulic Systems Of Earthmoving Machines /S.B.Voluzsky, S.V.Repin, A.G.Toropov / Materials of 2nd International Machinery Monitoring & Diagnostics Conference “Machinery Condition Monitoring – Key to Performance and Productivity for the 90’s”. October 22-25, 1999. – Los Angeles, California: Union College. – P. 128-142
4. Repin, SV Reserving as a method of increasing the efficiency of operation of construction machines // Construction and road machines. - 2008. - No. 2.- P. 45-50.
5. Technical operation of cars. - Ed. E.S. Kuznetsov. - 4 th ed. - M. Nauka, 2001. - 535 p.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры
информатики и графики Н.Л. Золотарева,
ст. преп. кафедры информатики и графики
Л.В. Менченко
Россия, г. Воронеж, тел. 8(4732)36-94-90 e-
mail: znl36@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Cand. Sci. Tech., assistant professor Chair of In-
formatics and Graphics, N.L. Zolotareva
Senior Teacher of the Chair of Informatics and
Graphics L.V. Menchenko
Russia, Voronezh, ph. 8(4732) 36-94-90
e-mail: znl36@yandex.ru*

Н.Л. Золотарева, Л.В. Менченко

ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

В статье рассмотрен один из путей повышения качества образования студентов на основе использования специализированной компьютерной программы.

Ключевые слова: автоматизированный контроль знаний, учебные задания, тест - программа, графический интерфейс.

N.L. Zolotaryeva, L.V. Menchenko

SOFTWARE AND METHODOICAL APPROACH TO THE AUTOMATED MANAGEMENT OF THE LEARNING PROCESS OF STUDENTS

The article considers one of the ways to improve the quality of education students through the use of specialized computer programs.

Keywords: automated control of knowledge, learning task, a test program, graphical user interface.

Еще совсем недавно считалось, что основная цель предметного обучения состоит в доведении до студентов требуемого объема знаний и выработке у них определенных навыков. В настоящее время образовательная роль ВУЗа стала пониматься шире. При этом снижается преподавательская нагрузка и одновременно увеличивается количество часов на самостоятельную работу студентов. В процессе самостоятельной работы студенты должны научиться полнее активизировать свою мыслительную деятельность, сформировать пространственное воображение при выполнении графических работ, владеть языком основных понятий в изучаемой области знаний, обладать способностью к дедуктивным рассуждениям. В связи с этим возникла необходимость совершенствования приемов и методов обучения. Однако, как известно, обучение и развитие самостоятельной познавательной деятельности студентов могут успешно осуществляться только при условии постоянного контроля усвоения ими знаний, что является одной из актуальных проблем в педагогике. То есть необходима разработка более эффективных методов как подачи материала преподавателем, так и оценки получаемых студентами знаний.

Анализ литературных источников показал, что наиболее объективным измерителем уровня усвоения знаний, умений и навыков являются технические средства обучения, внедряемые в учебный процесс. При этом в качестве показателя усвоения материала учебной темы (K_y) студентом может рассматриваться соотношение

$$K_y = n/N, \quad (1)$$

где n - количество правильных ответов на вопросы теста;
 N - общее количество вопросов.

В проблеме изучения состояния знаний можно выделить следующие основные этапы:
 отбор результатов обучения, подлежащих проверке (определенные знания, умения, навыки);
 составление контрольных заданий;

организация проверки знаний с использованием тестовой программы на компьютере;
 оценка и анализ ответов студентов.

Наибольшей объективности в отборе проверочного материала можно добиться при наличии подробных перечней результатов обучения, которыми должны владеть студенты после изучения отдельных разделов или всего курса. Объем оцениваемых знаний определяется учебной программой.

При составлении контрольных заданий большую пользу могут принести четкие описания требований учебных программ к знаниям студентов. При решении поставленных задач можно использовать некоторые количественные критерии. Одним из таких критериев может служить коэффициент трудности вопросов тестового задания:

$$K_t = s/S, \quad (2)$$

где s - количество студентов учебной группы, верно ответивших на вопрос теста;
 S - общее количество студентов в учебной группе.

Например, если из 20 человек учебной группы на первый вопрос теста верно ответили 15 человек, то трудность этого задания численно равна 0,75.

При проверке знаний необходимо обеспечить максимальную объективность оценки правильности ответов студентов на контрольные задания. Решение этой проблемы находится в прямой зависимости от условий, в которые поставлен студент при поиске ответа. Здесь возможны две ситуации:

1) вопрос предлагается вместе с готовыми ответами, один или несколько из которых верные;

2) ответ на вопрос студент должен сформулировать самостоятельно.

В первом случае объективность оценки ответа студента достигается сравнительно просто.

Во втором случае для записи ответа студент должен пользоваться словами и символами.

Для проверки знаний студентов удобно использовать специально разрабатываемое приложение на языке программирования Си++. Примеры макета графического интерфейса «Тест-программа» применительно к курсу инженерной графики приведены на рис. 1 и рис.2.

Действия основных управляющих кнопок «Изучение», «Вопросы», «Задания» предназначены для обеспечения процессов изучения литературы по курсу инженерной графики, обучения выбору правильной последовательности действий при ответах на поставленные вопросы и задания.

Кнопка «Изучение» предусматривает ознакомление со списком документов по проверяемой дисциплине, выбор документа из списка открывает документ для ознакомления.

Кнопка «Вопросы» предусматривает перечень всех вопросов. После выбора определенного вопроса в окне «Вопросы» появится перечень предлагаемых для анализа ответов, который содержит как истинные, так и ложные (лишние) элементы. Последние необходимо распознать и удалить путем нажатия левой кнопки манипулятора «мышь». Результаты сохраняют нажатием кнопки «Применить».

Результат ответа на вопрос появляется в поле «Оценка» после нажатия на кнопку «Результат».

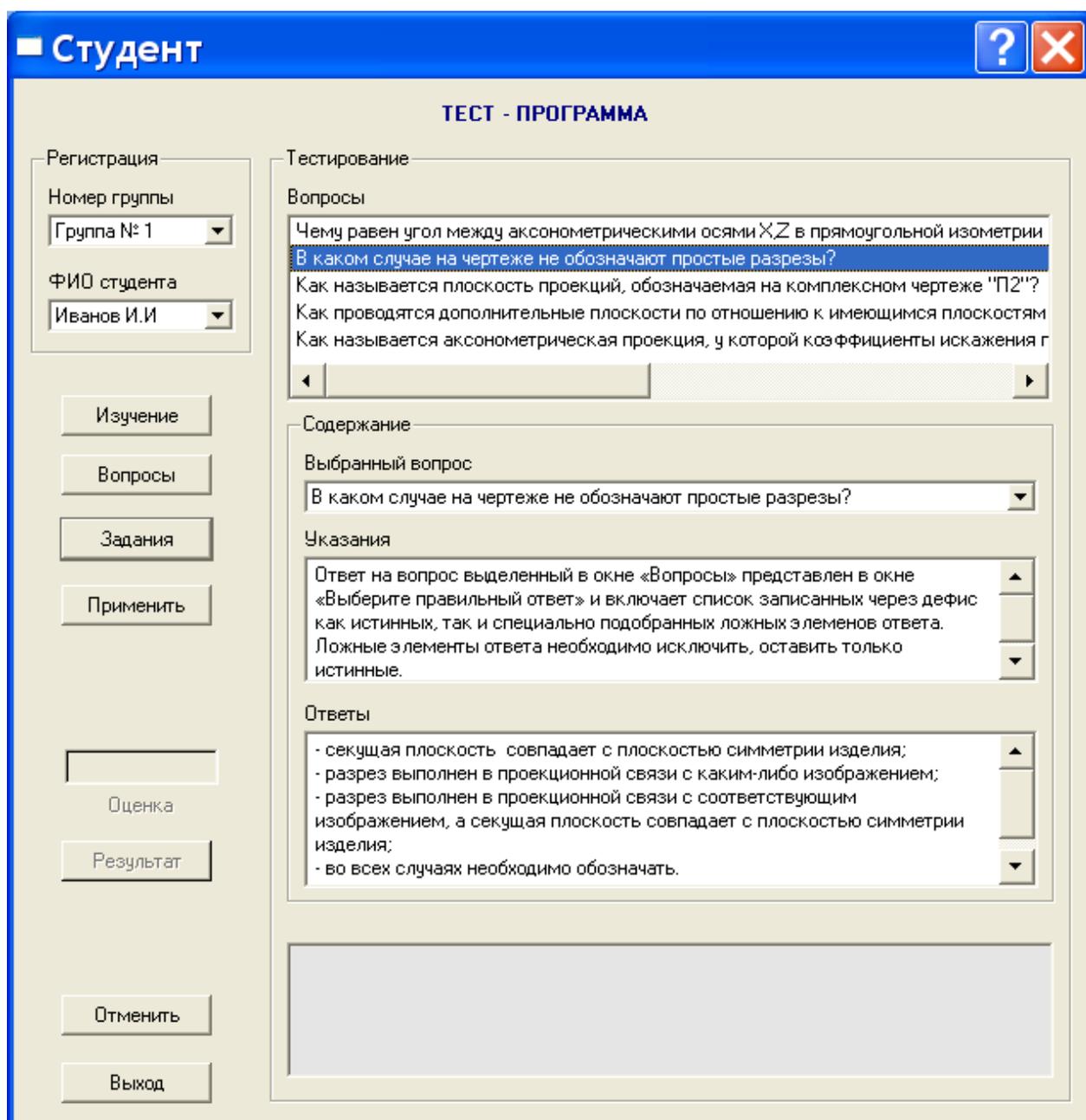


Рис. 1. Вид макета графического интерфейса с вопросами теста

Варианты тестовых заданий могут разрабатываться по каждой теме и храниться в файле данных автоматически при вводе различных вариантов тестов и результатов их решения. Это позволит существенно облегчить разработку последующих вариантов тестовых заданий и сделать их число сколь угодно большим.

Отличительной особенностью изложенного программно-методического подхода является универсальность, связанная с возможностью его использования как для подготовки к тестированию, так и для тестирования знаний студентов, в том числе оценки теоретических знаний и графических работ.

Есть основания полагать, что использование предлагаемой тестовой программы для автоматизированного контроля знаний, полученных студентами в процессе самостоятельной работы над учебным материалом, повысит качество их профессиональной подготовки.

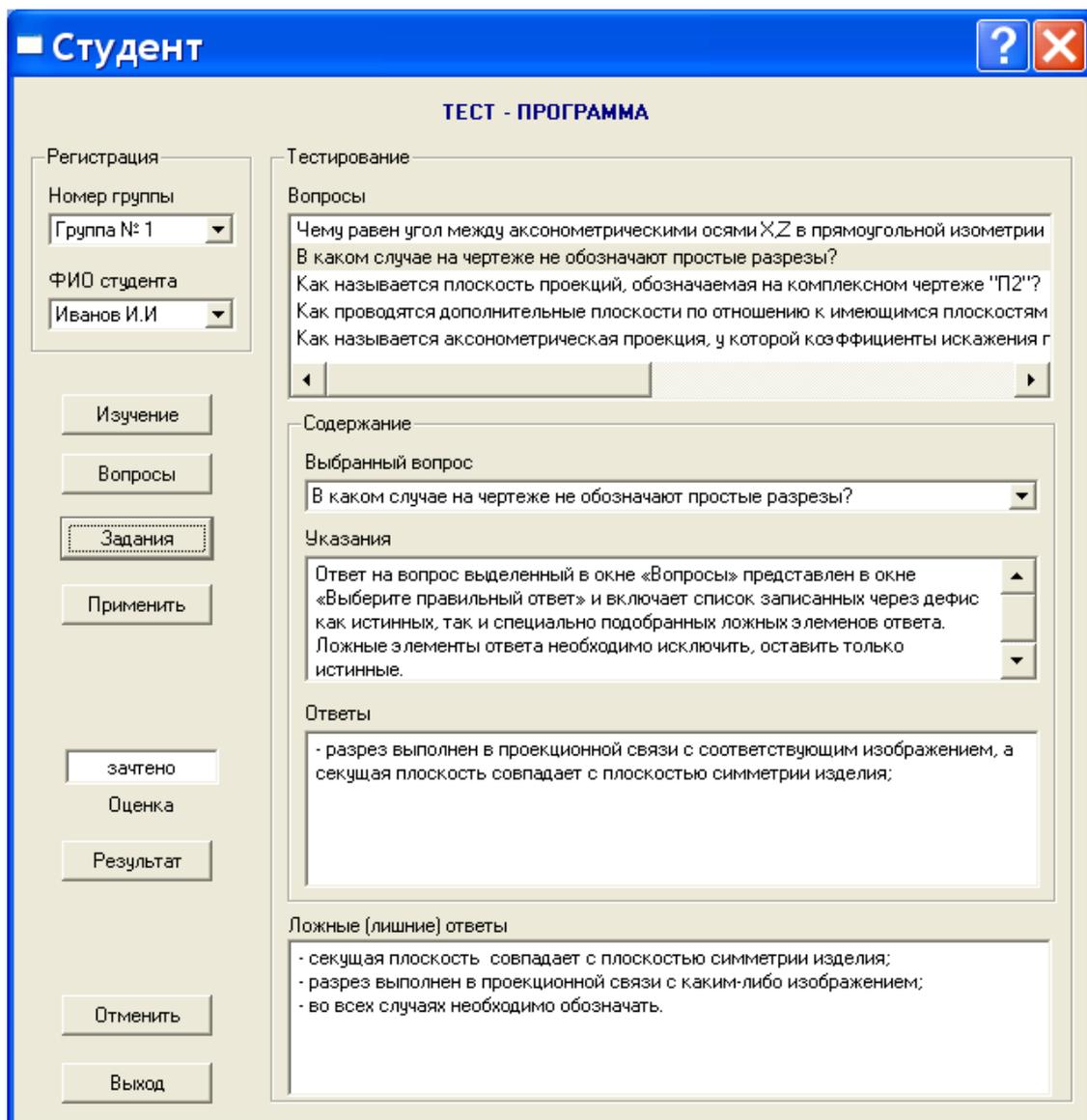


Рис. 2. Вид макета графического интерфейса с результатом ответа на вопрос теста

Библиографический список

1. Кабанова Т.А., Новиков В.А. Тестирование в современном образовании. Изд. Высшая школа, 2010, 384с.
2. Звонников В.И., Чельшкова М.Б. Современные средства оценивания результатов обучения: учебное пособие. 2 - е изд., М.: Academia, 2008, 224с.
3. Слостенин В.А. Концептуальные основы реализации воспитательного потенциала содержания непрерывного педагогического образования. – М.: Московский педагогический государственный университет, 2002, 64с.

References

1. Kabanova T. A., Novikov V. A. Testing in modern education. Ed. Graduate school, 2010, 384 p.
2. Zvonnikov V. I., Chelyshkova M. B. Modern means of assessment of learning outcomes: tutorial. 2 - eIzd., M.: Academia, 2008, 224 p.
3. Slastenin V. A. Conceptual bases of realization of educational potential of contents of continuous pedagogical education. – M.: Moscow state pedagogical University, 2002, 64 p.